



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL
DOUTORADO EM CIÊNCIA ANIMAL

AMBROSIO PAULA BESSA JUNIOR

**AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE ECONÔMICA, AMBIENTAL E SOCIAL
NA CRIAÇÃO DO CAMARÃO MARINHO *Litopenaeus vannamei*
EM DIFERENTES ESTRATÉGIAS DE MANEJO**

MOSSORÓ

ANO 2017

AMBROSIO PAULA BESSA JUNIOR

**AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE ECONÔMICA, AMBIENTAL E SOCIAL
NA CRIAÇÃO DO CAMARÃO MARINHO *Litopenaeus vannamei*
EM DIFERENTES ESTRATÉGIAS DE MANEJO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Ciência Animal da Universidade Federal Rural do Semi-
Árido como requisito para obtenção do título de Doutor
em Ciência Animal.

Linha de Pesquisa: Ecologia e Conservação do Semiárido.

Orientador: Prof. Dr. Gustavo Henrique Gonzaga da Silva

MOSSORÓ
ANO 2017

©Todos os direitos estão reservados à Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996, e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata, exceto as pesquisas que estejam vinculadas ao processo de patenteamento. Esta investigação será base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) seja devidamente citado e mencionado os seus créditos bibliográficos.

J95a JUNIOR, AMBROSIO PAULA BESSA JUNIOR.
 AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE ECONÔMICA,
 AMBIENTAL E SOCIAL NA CRIAÇÃO DO CAMARÃO MARINHO
 Litopenaeus vannamei EM DIFERENTES ESTRATÉGIAS
 DE MANEJO / AMBROSIO PAULA BESSA JUNIOR JUNIOR. -
 2017.
 120 f. : il.

 Orientador: Gustavo Henrique Gonzaga da Silva
 SILVA.

 Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural
 do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em
 Ciência Animal, 2017.

 1. Camarão. 2. Indicadores. 3. Mancha Branca.
 4. Sustentabilidade. 5. Taxas de sedimentação. I.
 SILVA, Gustavo Henrique Gonzaga da Silva,
 orient. II. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

AMBROSIO PAULA BESSA JUNIOR

**AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE ECONÔMICA, AMBIENTAL E SOCIAL
NA CRIAÇÃO DO CAMARÃO MARINHO *Litopenaeus vannamei*
EM DIFERENTES ESTRATÉGIAS DE MANEJO**

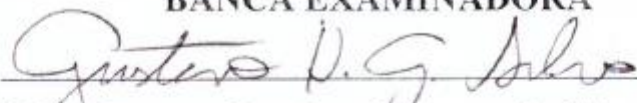
Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Ciência Animal da Universidade Federal Rural do Semi-
Árido como requisito para obtenção do título de Doutor
em Ciência Animal.

Linha de Pesquisa: Ecologia e Conservação do Semiárido.

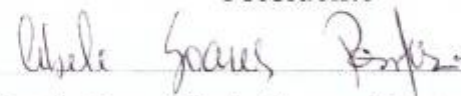
Orientador: Prof. Dr. Gustavo Henrique Gonzaga da Silva

Defendida em: 27/ 11 / 2017.

BANCA EXAMINADORA


Prof. Dr. Gustavo Henrique Gonzaga da Silva (UFERSA)

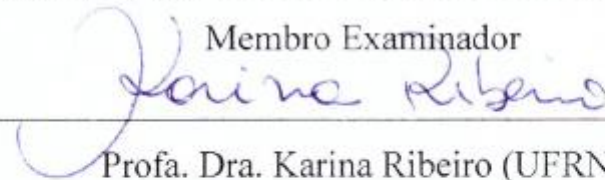
Presidente


Profa. Dra. Cibele Soares Pontes (UFRN)

Membro Examinador


Profa. Dra. Virginia Maria Cavallari Henriques (UFRN)

Membro Examinador


Profa. Dra. Karina Ribeiro (UFRN)

Membro Examinador


Prof. Dr. Pedro Carlos Cunha Martins (UFERSA)

Membro Examinador

AMBROSIO PAULA BESSA JUNIOR. Possui Graduação em Engenharia de Pesca pela Universidade Federal do Ceará UFC (1996). Pós graduado pelo Programa de Pós graduação em Ciência Animal na Área de Sanidade e Produção Animal pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido Ufersa (2011). Atualmente é Prof. Assistente Nível II das disciplinas de Aquicultura, Aquicultura Geral, Engenharia para Aquicultura e Legislação Ambiental Aplicada a Pesca e Aquicultura, Coordenador do Setor de Aquicultura da Ufersa, Tutor da empresa Junior – PROAQUA do curso de Engenharia de Pesca da Ufersa e Doutorando pelo Programa de Pós graduação em Ciência Animal, da Ufersa, na Área de Produção Animal com Linha de Pesquisa em Ecologia e Conservação do Semiárido. Tem experiência na área de Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca, com ênfase em Aquicultura. bessa@ufersa.edu.br .

DEDICATÓRIA

Aos meus pais,

Bessa e Cirene, por ter me guiado pelos caminhos tortuosos da vida de forma humilde, porém, ousada e com desígnio pra alcançar esse destino;

A minha esposa e filho,

Léa Bessa e João Mateus, a estes que mesmo em momentos de tribulações, foram os que mais me impulsionaram a não desistir desse sonho, me fazendo enxergar que muitas vezes as pedras no meio dessa caminhada, na verdade era uma ponte.

AGRADECIMENTOS

Obrigado, Deus meu, pela graça de mais essa conquista. Assim, junto a você, tudo é bem mais fácil de se conseguir, superar e alcançar, pois encontro em ti a força que preciso para continuar caminhando.

Ao meu Orientador, Prof. Dr. Gustavo Henrique Gonzaga da Silva, pelo compartilhamento de seus conhecimentos em mim investidos e pelos dias exaustivos nas correções e sugestões inseridas na Tese.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da UFERSA e a todo o seu quadro funcional, coordenadores, membros do colegiado e em especial as secretárias Jarlene e Let Sandra a quem sempre nos atendeu de forma atenciosa e dinâmica.

Aos guerreiros da minha família, principalmente aqueles que mesmo em momentos de fragilidades em função da saúde latente que os circundavam, encontrei neles momentos de paz, tranquilidade e felicidade para continuar essa jornada.

Aos amigos, Natália Celedônio, Danyela Carla, Júlio César, Rodrigo Sávio, Vilson Junior, Marcos Douglas, amigos esses que de uma forma ou de outra de muito contribuíram para a realização deste trabalho.

Ao técnico do Limnoaqua Luiz Carlos, bem como a todos os bolsista que durante toda a desenvoltura das análises pertinentes às coletas de campo, se comprometeram de forma incansável na busca desses resultados.

A empresa AQUURIUM AQUICULTURA DO BRASIL, em especial a seus sócios proprietários, Cario e Enox Maia, por terem liberado o espaço na fazenda de criação de camarão marinho, bem como toda a estrutura, mão de obra e acesso as informações dos cultivos, para que assim alcançássemos sucesso nesta pesquisa.

*Aquele que obtém uma vitória sobre outros homens
é forte, mas aquele que obtém uma vitória sobre si próprio
é todo-poderoso.*

(Lao-tzé)

AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE ECONÔMICA, AMBIENTAL E SOCIAL NA CRIAÇÃO DO CAMARÃO MARINHO *Litopenaeus vannamei* EM DIFERENTES ESTRATÉGIAS DE MANEJO. 2017. 119f. Tese (Doutorado em Ciência Animal na Área de Produção Animal com Linha de Pesquisa em Ecologia e Conservação do Semiárido) Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Universidade Federal Rural do Semi-árido (UFERSA), Mossoró – RN, Brasil, 2017.

RESUMO: Os estudos em aquicultura parecem se pautar basicamente em termos ambientais e econômicos de forma isolada, não considerando a interação destes fatores, e raramente levando em considerações os custos e benefícios sociais envolvidos na atividade, desta forma o objetivo desta pesquisa foi avaliar a sustentabilidade econômica, ambiental e social na criação do camarão marinho *Litopenaeus vannamei* em diferentes estratégias de manejo e densidades de estocagem. Para tanto foram utilizadas densidades de 92 (M1), 14 (M2) e 8 (M3) cam.m⁻² e com tempo máximo de cultivo de 79 dias. As taxas de sedimentação, com exceção do carbono inorgânico total-CIT e carbono orgânico total-COT, foram significativamente superiores em M3 quando comparado a M1 e M2 no primeiro período de coleta, provavelmente influenciadas pelo manejo na primeira fase (estufa). Foi verificado uma tendência de decréscimo para a maioria das taxas de sedimentação de nutrientes para o final do ciclo, podendo estar associada a comunidade bacteriana que pode ter auxiliado na redução desses compostos. As sobrevivências foram reduzidas em todos os tratamentos, provavelmente influenciadas pela doença da mancha branca e a elevada salinidade da água dos viveiros de criação elevando o FCAA em M1 e M2. As taxas internas de retorno para M2 e M3 foram atrativas, gerando lucro e saldo positivo para o valor presente líquido e conseguiram garantir o retorno do capital investido. Esse retorno do capital, no entanto, somente ocorreu devido aos preços elevados praticados em 2016. O cultivo com população inicial elevada (M1), ocasionou prejuízos econômicos e zootécnicos devido aos elevados FCAAs, biomassa individual reduzida e aos elevados custos totais operacionais-CTO, tornando inviável esse tratamento. Na avaliação social foi verificada uma distribuição de renda da ordem negativa para M1 em função dos elevados custos de produção, configurando prejuízos para esse tratamento. M2 e M3 apresentaram distribuição de renda reduzida, sendo a remuneração da mão de obra de R\$ 0,70 e R\$ 1,06 respectivamente, representando 48 e 32% dos custos de produção (CTO). O maior distanciamento da dimensão econômica para o tratamento M1 pode estar associado aos resultados elevados com RB e CTO. Os tratamentos M2 e M3 foram os que apresentaram TIR positiva, demonstrando a viabilidade econômica, provavelmente em função dos preços elevados por quilo de camarão praticados nesse período. A sustentabilidade foi comprometida pela geração de resíduos sólidos, visto que grande parte do material particulado produzido em viveiros de camarão é formada por uma ação coletiva de produtos químicos, fertilizantes, excrementos, alimentos não digeridos, organismos indesejados e detritos. Vale salientar ainda que, a mancha branca comprometeu negativamente a sustentabilidade econômica e social de todos os tratamentos. M1 foi o tratamento mais favorável ambiental com tendência para o social. Podemos concluir que o monocultivo de camarão quando realizado com elevadas populações iniciais não consegue garantir o retorno do capital investido. M2 e M3 só foram viáveis economicamente em função dos preços elevados pagos por quilo de camarão, porém com reduzida geração de emprego e renda, não sendo socialmente justo e com maior impacto ao meio ambiente.

Palavras-chave: Camarão, Indicadores, Mancha Branca, Sustentabilidade, Taxas de sedimentação.

ABSTRACT: Aquaculture studies seem to be basically based on environmental and economic terms in isolation, not considering the interaction of these factors, and rarely taking into account the social costs and benefits involved in the activity, so the objective of this research was to evaluate sustainability economic, environmental and social aspects in the creation of *Litopenaeus vannamei* shrimp in different management strategies and storage densities. For this purpose, densities of 92 (M1), 14 (M2) and 8 (M3) shrimp.m⁻² and with maximum culture time of 79 days. The sedimentation rates, with the exception of total inorganic carbon-TIC and total organic carbon-TOC, were significantly higher in M3 when compared to M1 and M2, in the first collection period, probably influenced by management in the first stage (greenhouse), a tendency of decrease was verified for most of nutrient sedimentation rates for the end of the cycle, and may be associated with the bacterial community that may have aided in the reduction of these compounds. Survival was reduced in all treatments, probably influenced by white spot disease and high water salinity of farms raising the apparent feed conversion factor-FCAA in M1 and M2. The internal rates of return for M2 and M3 were attractive, generating a positive net profit and a positive balance and were able to guarantee the return on invested capital. However, this return on capital only occurred due to the high prices practiced in 2016. The cultivation with high initial population (M1) caused economic and zootechnical losses due to the high FCAAs, reduced individual biomass and the high total operational costs - making this treatment unfeasible. In the social evaluation, an income distribution of the negative order for M1 was verified due to the high costs of production, thus creating losses for this treatment. M2 and M3 presented a reduced income distribution, with a labor compensation of R \$ 0.70 and R \$ 1.06, respectively, representing 48 and 32% of production costs (COT). The greater distance from the economic dimension to the M1 treatment may be associated with the high RB and COT results. The treatments M2 and M3 were those that presented positive IRR, demonstrating the economic viability, probably due to the high prices per kilo of shrimp practiced during this period. Sustainability was committed by the generation of solid waste, since much of the particulate matter produced in shrimp farms is formed by a collective action of chemicals, fertilizers, excrement, undigested food, unwanted organisms and debris. It is worth noting that the white spot negatively affected the economic and social sustainability of all treatments. M1 was the most favorable environmental treatment with a social tendency. We can conclude that the monoculture of shrimp when carried out with high initial populations can not guarantee the return of invested capital. M2 and M3 were only economically viable due to the high prices paid per kilo of shrimp, but with low employment and income generation, not being socially fair and with greater impact on the environment.

Key words: Indicators, Sedimentation rates, Shrimp, Sustainability, White spot.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO II

Figura 1	Localização da empresa AQUARIUM (5°11 "S, 37°20"W), com ênfase para a área de estudo.....	35
Figura 2	Figura 02 – Valores médios e desvios padrão das taxas de sedimentação de: A) material particulado; B) amônia; C) nitrito; D) nitrato; E) fósforo total; F) nitrogênio total; G) carbono inorgânico total e H) carbono orgânico total para os diferentes tratamentos.....	41

CAPÍTULO III

Figura 1	Localização da empresa AQUARIUM (5°11 "S, 37°20"W), com ênfase para a área de estudo.....	56
Figura 2	Valores médios e desvios padrão do Fator de Conversão Alimentar Aparente - FCAA e da sobrevivência média dos camarões <i>L. vannamei</i> nos diferentes tratamentos.....	63
Figura 3	Valores médios e desvios padrão da biomassa individual média e total dos camarões <i>L. vannamei</i> nos diferentes períodos e tratamentos durante o cultivo.....	64
Figura 4	Valores médios e desvios padrão da Receita Bruta - RB e dos Custos Totais Operacionais - CTO no cultivo do <i>L. vannamei</i> nos diferentes tratamentos.....	66
Figura 5	Valores médios mais desvio padrão do Índice de rentabilidade (IR) e lucratividade (IL) gerado no cultivo do <i>L. vannamei</i> nos diferentes tratamentos.....	69

CAPÍTULO IV

Figura 1	Localização da empresa AQUARIUM (5°11 "S, 37°20"W), com ênfase para a área de estudo.....	77
Figura 2	Triângulo da sustentabilidade para os tratamentos M1, M2 e M3 desenvolvidos no ano de 2016. Quanto mais próximo do centro da pirâmide, maior a sustentabilidade global do sistema de produção.....	90

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO II

Tabela 1	Caracterização das rações comerciais utilizadas no cultivo.....	35
Tabela 2	Valores médios e desvios padrão das variáveis limnológicas da água de cultivo do <i>L. vannamei</i> com diferentes tratamentos.....	36
Tabela 3	Valores médios e desvios padrão da clorofila <i>a</i> ($\mu\text{g.l}^{-1}$) da água de cultivo do <i>L. vannamei</i> com diferentes tratamentos.....	41

CAPÍTULO III

Tabela 1	Caracterização das rações comerciais utilizadas no cultivo.....	58
Tabela 2	Valores médios e desvios padrão das variáveis limnológicas da água de cultivo do <i>L. vannamei</i> com diferentes tratamentos.....	61
Tabela 3	Carga viral de WSSV obtida através da análise molecular das amostras dos pleópodos dos camarões cultivados (<i>L. vannamei</i>), analisadas pelo método quantitativa por qPCR em tempo real.....	62
Tabela 4	Preços médio de comercialização dos camarões praticados no mercado do Rio Grande do Norte e Ceará no ano de 2016.....	65
Tabela 5	Valores médios de produção por ha/ano, lucro e custos R\$/kg na produção do camarão marinho <i>L. vannamei</i> em diferentes tratamentos, para se gerar lucro ou prejuízo em função da produção.....	66
Tabela 6	Valores obtidos para indicadores de sustentabilidade econômica do cultivo de (<i>L. vannamei</i>) nos diferentes tratamentos.....	68

CAPÍTULO IV

Tabela 1	Valores médios e desvios padrão das características zootécnicas na fase de engorda para os diferentes tratamentos de cultivo do <i>L. vannamei</i> .	79
Tabela 2	Lista dos indicadores de sustentabilidade social, econômico e ambiental.	79
Tabela 3	Preços médios de comercialização dos camarões praticados no mercado do Rio Grande do Norte e Ceará no ano de 2016.	81
Tabela 4	Indicadores de sustentabilidade utilizados para abastecer o <i>software</i> MULINO <i>mDSS</i> de acordo com os preceitos do modelo conceitual DPSIR.	84

Tabela 5	Valores médios obtidos para indicadores de sustentabilidade social para os diferentes tratamentos no cultivo do <i>L. vannamei</i> . MULINO <i>mDSS</i> de acordo com os preceitos do modelo conceitual DPSIR.	86
Tabela 6	Valores obtidos para indicadores de sustentabilidade econômica do cultivo de (<i>L. vannamei</i>) nos diferentes tratamentos.	87
Tabela 7	Valores médios e desvios padrão de sedimentação de nutrientes para os tratamentos M1, M2 e M3: Material particulado; Amônia; Nitrito; Nitrato; PT- Fósforo Total; NT- Nitrogênio Total; COT- Carbono Orgânico Total e CIT- Carbono Inorgânico Total.	88
Tabela 8	Valores obtidos para indicadores de sustentabilidade ambiental do cultivo de camarão marinho em viveiros escavados para os tratamentos M1, M2 e M3.	89
Tabela 9	Escores da sustentabilidade gerados pelo <i>software</i> MULINO <i>mDSS</i> nas dimensões ambiental, social e econômica para cada tratamento e índice geral de sustentabilidade.	91

SUMÁRIO

CAPÍTULO I - AVALIAÇÃO DOS INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE NA AQUICULTURA MARINHA: Uma Revisão.

	Páginas
1. INTRODUÇÃO	12
1.1 INDICADORES SOCIAIS.....	14
1.2 INDICADORES ECONÔMICOS.....	16
1.3 INDICADORES AMBIENTAIS.....	17
1.4 MODELAGEM DA SUSTENTABILIDADE.....	19
2. CONSIDERAÇÕES FINAIS	21
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	23

CAPÍTULO II - TAXAS DE SEDIMENTAÇÃO DE NUTRIENTES E MATERIAL PARTICULADO EM VIVEIROS DE CRIAÇÃO DE CAMARÃO MARINHO (*Litopenaeus vannamei*) SUBMETIDOS A DIFERENTES ESTRATÉGIAS DE MANEJO E DENSIDADES DE ESTOCAGEM.

	Páginas
RESUMO	31
1. INTRODUÇÃO	32
2. MATERIAL E MÉTODO	34
2.1 ÁREA DE ESTUDO.....	34
2.2 DELINEAMENTO AMOSTRAL.....	35
2.3 VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS.....	37
2.4 COLETA DE MATERIAL PARTICULADO.....	37
2.5 ANÁLISES DOS DADOS.....	39
3. RESULTADOS	39
4. DISCUSSÃO	43
5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46

CAPÍTULO III – AVALIAÇÃO ZOOTÉCNICA E ECONÔMICA DA CRIAÇÃO DE CAMARÃO MARINHO *Litopenaeus vannamei* EM DIFERENTES ESTRATÉGIAS DE MANEJO E DENSIDADES.

RESUMO	53
1. INTRODUÇÃO.....	54
2. MATERIAL E MÉTODO.....	55
2.1 ÁREA DE ESTUDO.....	55
2.2 DELINEAMENTO AMOSTRAL.....	56
2.3 VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS.....	58
2.4 ANÁLISE DO VÍRUS DA SÍNDROME DA MANCHA BRANCA (WSSV)	58
2.5 VARIÁVEIS ZOOTÉCNICAS.....	58
2.6 VARIÁVEIS ECONÔMICAS.....	59
2.7 ANÁLISES DOS DADOS.....	60
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	60
3.1 VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS.....	60
3.2 ANÁLISE DO VÍRUS DA SÍNDROME DA MANCHA BRANCA (WSSV)	61
3.3 VARIÁVEIS ZOOTÉCNICAS.....	62
3.4 VARIÁVEIS ECONÔMICAS.....	64
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	69
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	70

CAPÍTULO IV – A CRIAÇÃO DO CAMARÃO MARINHO *Litopenaeus vannamei* COM DIFERENTES ESTRATÉGIAS DE MANEJO É SUSTENTÁVEL NOS ASPECTOS SOCIAL, ECONÔMICO E AMBIENTAL?

RESUMO	74
1. INTRODUÇÃO.....	75
2. MATERIAL E MÉTODO.....	76
2.1 ÁREA DE ESTUDO.....	76
2.2 DELINEAMENTO AMOSTRAL.....	77
2.3 DIMENSÃO SOCIAL.....	80
2.4 DIMENSÃO ECONÔMICA.....	80

2.5	DIMENSÃO AMBIENTAL.....	81
2.5.1	COMPARTIMENTO ÁGUA.....	81
2.5.2	COMPARTIMENTO SEDIMENTO.....	82
2.5.3	ANÁLISES DE NUTRIENTES.....	82
2.5.4	ANÁLISES DOS GASES.....	82
2.6	MODELAGEM DPSIR/MULINO	83
3.	RESULTADOS.....	85
3.1	INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE SOCIAL.....	85
3.2	INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE ECONÔMICA.....	87
3.3	INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL.....	88
3.4	MODELAGEM DA SUSTENTABILIDADE	89
4.	DISCUSSÃO.....	91
4.1	DIMENSÃO SOCIAL.....	91
4.2	DIMENSÃO ECONÔMICA.....	93
4.3	DIMENSÃO AMBIENTAL.....	96
4.4	MODELAGEM DA SUSTENTABILIDADE	98
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	99
6.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	101
	ANEXO I - LISTA DE INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE SOCIAL.....	105
	ANEXO II - LISTA DE INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE ECONÔMICA	110
	ANEXO III - LISTA DE INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL	113

CAPÍTULO I - AVALIAÇÃO DOS INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE NA AQUICULTURA MARINHA – uma revisão.

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos a intensificação da aquicultura tornou-se uma prática comum em todo o mundo. Os aquicultores relatam a prática de altas densidades de estocagem, fertilizações artificiais dos viveiros escavados e o uso de alimentos artificiais balanceados com altos níveis de proteínas para obter o máximo lucro por unidade de área. Há sempre uma chance de estresse para essa crescente intensificação das densidades dos organismos aquáticos. Em função do estresse causado aos animais, patógenos presentes nos viveiros poderão causar doenças, resultando em mortalidades severas. Desta forma é importante que a atividade esteja sempre em busca de técnicas de manejo que melhorem a eficiência da administração dos alimentos, da qualidade da água e dos solos, com trocas mínimas de água em cultivos intensivos, visando ainda à redução da poluição e o tratamento dos efluentes gerados, no intuito de almejar sustentabilidade econômica, social e ambiental da atividade (Pereira & Rocha, 2015; Moura, et al., 2016; Araújo e Valenti, 2017).

Mundialmente a aquicultura está em franca expansão devido às crescentes preocupações quanto à disponibilidade de alimento para a população humana e por apresentar potencial de aumentar a resiliência do sistema alimentar global (Troell *et al.*, 2014; Olsen, 2015). De acordo a FAO (2016) de 1985 a 2014, o volume de produção da aquicultura mundial aumentou a uma taxa média de 8,6% ao ano. Em 2012, a pesca de captura e a aquicultura forneceram 158 milhões de toneladas de produtos a base de organismos aquáticos para o mercado global, dos quais 136 milhões de toneladas foram para consumo humano (correspondendo a 19,2 kg per capita).

Com cerca de 5,5 milhões de hectares de águas represadas em reservatórios e uma longa costa que se estende por mais de 8.000 km, o Brasil ocupa uma posição de destaque no desenvolvimento da aquicultura (Bueno et al. 2015). Devido a esse grande potencial, a aquicultura no Brasil vem passando por uma rápida expansão, especialmente com o incentivo pelo Governo Federal. Um indicador da importância desse cenário foi a criação do Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA) em 2009 e, nos últimos anos, a expansão da pesca e da aquicultura tem sido garantida com uma política de promoção forte destas atividades através da administração do MPA. (Roubach et al. 2015).

Entre as atividades de aquicultura, a carcinicultura se desenvolveu no semiárido do Brasil, usando águas de poços rasos com baixa salinidade, e em áreas estuarinas. Esta região possui condições ambientais favoráveis para a criação de camarões, além de ter sido a pioneira em estudos técnicos que visaram à implantação e o desenvolvimento da atividade no país (Costa, 2005; Ribeiro *et al.*, 2014). Os camarões cultivados tem sido a “commodity” mais importante entre os produtos aquícolas em termos de valores, respondendo por 15% do valor total das negociações em exportação e importação ocorridas no comércio mundial de pescado, segundo dados da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO, 2016).

O camarão branco (*Litopenaeus vannamei*) é uma das espécies mais cultivadas em todo o mundo, Rocha (2014) verificou que a produção de camarão por extrativismo teria atingido seu limite de exploração sustentável no mundo. Assim, o fornecimento de camarão oriundo da carcinicultura tem sido considerado como essencial, visto que a demanda desse tipo de pescado é crescente, segundo Ribeiro *et al.* (2014) no Brasil, essa atividade desenvolveu-se bastante, e, atualmente, existem tecnologias que podem ser aplicadas em todas as etapas de produção, minimizando os potenciais impactos negativos ao mesmo tempo em que promovem um aumento na produtividade.

Atualmente a criação do camarão marinho *L. vannamei* é muito difundida em regiões estuarinas do estado do Rio Grande do Norte, apesar do grande impacto de doenças virais e bacterianas, como a doença da mancha branca (WSSV) e a doença Necrozante Hepatopancreática Aguda (NHP) (Leu *et al.*, 2009, Lo *et al.*, 2003; Guerrelhas e Teixeira, 2012; Tran *et al.*, 2013; Nunan *et al.*, 2014). Enfermidades virais têm provocado sérios impactos econômicos nos cultivos de camarões peneídeos nos principais países produtores, entre as quais se destaca a doença da mancha branca causada pelo vírus da síndrome da mancha branca (WSSV – White Spot Syndrome Virus) (Lightner, 2005). Em várias regiões do mundo, esforços estão sendo feitos para prevenir e controlar esta doença, que é considerada o patógeno mais temido na criação de camarão (Rubio-Castro *et al.*, 2016).

O primeiro registro da enfermidade da mancha branca, no Oceano Atlântico, ocorreu em 2005 em fazendas do Estado de Santa Catarina (Seiffert *et al.*, 2005). No Rio Grande do Norte, apesar do clima tropical, a doença da mancha branca foi registrada em 2014 e vem sofrendo perdas significativas em consequência desse vírus e doenças bacterianas (Guerrelhas e Teixeira, 2012). Não há cura para infecções virais em crustáceos e o uso de antibióticos em infecções bacterianas não é recomendado devido à resistência bacteriana e sua

persistência no ambiente aquático e nos tecidos comestíveis de camarão (Ma et al., 2006; Medina-Beltrán et al., 2012). É importante ressaltar, que altas densidades populacionais de camarões e manejos alimentares com elevada quantidade de ração podem comprometer a sustentabilidade ambiental da carcinicultura, bem como deixar os organismos cultivados mais suscetíveis a doenças, afetando diretamente a rentabilidade das atividades de aquicultura (Björnsson, 1994; Natori *et al.*, 2011; Façanha, *et al.*, 2016).

Crescentes preocupações sobre impactos ambientais levaram à análise dos impactos de muitos sistemas aquícolas. Vários métodos têm sido utilizados para estimar os impactos ambientais da aquicultura, como a avaliação do ciclo de vida (LCA), análise de emergética, pegada ecológica, e para o desenvolvimento de um conjunto de indicadores específicos da aquicultura (Valenti et al., 2011). Em particular, a LCA foi adaptada e aplicada a sistemas de produção de frutos do mar (Henriksson et al., 2012; AUBIN, 2013).

Além disso, os indicadores são eficientes instrumentos de tomada de decisão para avaliar e acompanhar os progressos no sentido do desenvolvimento sustentável, sendo constantemente recomendado por cientistas (Bolcárová & Kološta, 2015; Cornescu & Adam, 2014; Moldan et al., 2012). Podendo ser aplicados a elementos naturais, como o ambiente (Zhang, 2015), ecossistemas (Fu et al., 2015), manejo florestal (Gossner et al., 2014), água (Lobato et al., 2015) e solo (Zhao et al., 2015), bem como à avaliação socioeconômico-institucional de questões relacionadas com os recursos hídricos (Hellegers et al., 2010), sistemas de água urbanas (Spiller, 2016), políticas públicas (Blanchet & Girois, 2012) e de gestão (Taugourdeau et al., 2014). Desse modo, pode-se obter uma visão holística, possibilitando a análise de cada parte do sistema produtivo em separado.

1.1. INDICADORES SOCIAIS

A sustentabilidade social nas empresas é uma prática cada vez mais consolidada, mesmo que haja cada vez mais mecanismos de regulação legal para essa ação no setor do Agronegócio. Apesar das práticas serem cada vez mais efetivadas, existe ainda muitas fragilidades para a mensuração dessas ações, bem como o impacto real delas sobre a atividade econômica. É nessa perspectiva social trabalhista que as pesquisas apontam na direção da busca de indicadores que mensurem e avaliem essa dimensão, que podem trazer contribuições positivas não só no atendimento às demandas legais impostas pela legislação vigente como,

principalmente, revelar o desenvolvimento organizacional da empresa e a satisfação dos seus funcionários (Epsten & Roy, 2003; Almeida & Callado, 2017).

Na conjectura da dimensão social, o bem-estar humano, entre outros indicadores, pode ser promovido pela aquicultura por meio do fornecimento de alimentos seguros para o consumo, sem contaminação para a população e o ambiente (Costa-Pierce, 2010). Segundo Muhlert (2014), esse indicador aumenta com o maior envolvimento da família nas atividades aquícolas, ou seja, quanto maior o número de familiares que estiverem envolvidos na atividade maior o nível de sustentabilidade social. Em tempo, a Lei 11.326 de 24 de julho de 2006, que estabelece as diretrizes para a formulação da Política Nacional da Agricultura Familiar e empreendimentos familiares rurais, determina que a aquicultura familiar deve utilizar, predominantemente, mão de obra da própria família nas atividades econômicas do seu empreendimento (BRASIL, 2006). Desta forma torna-se necessário a aplicação de um maior número de indicadores sociais para se avaliar em conteúdo essa dimensão.

Moura et al. (2016), avaliou na criação de peixes em tanques-rede, vinte indicadores sociais sendo eles: (i) Equidade Salarial; (ii) Custo Proporcional do Trabalho; (iii) Distribuição de Renda; (iv) Remuneração por Produção; (v) Inclusão Racial; (vi) Inclusão de Gênero; (vii) Inclusão etária; (viii) Trabalho por Área; (ix) Trabalho por Produção; (x) Geração de Ocupação Direta; (xi) Geração de Postos de Trabalhos; (xii) Proporção Auto Empregos; (xiii) Uso de Mão de Obra Local; (xiv) Fixação de Renda; (xv) Consumo Local; (xvi) Programa de saúde; (xvii) Escolaridade; (xviii) Permanência na Atividade; (ix) Participação em Atividades Comunitárias; (x) Segurança no Trabalho.

A carcinicultura tem sido responsável pela geração de emprego e renda para as populações locais (Muhlert, 2014). Um estudo realizado por Sampaio et al. (2008), avaliou os impactos da carcinicultura em municípios do Nordeste do Brasil, mostrando a importância substancial da atividade para a geração de empregos formais e informais, geração de renda e arrecadação dos municípios. Na verdade, o conceito de DS está contemplado indiretamente na Constituição brasileira pela combinação dos Artigos 170 que trata da ordem econômica (*valorização do trabalho humano e na livre iniciativa.. III - função social da propriedade; VI - defesa do meio ambiente, inclusive mediante tratamento diferenciado conforme o impacto ambiental dos produtos e serviços e de seus processos de elaboração e prestação e VII - redução das desigualdades regionais e sociais*); do artigo 186 que trata do cumprimento da *função social em propriedade rural (...I- aproveitamento racional e adequado; II - utilização adequada dos recursos naturais disponíveis e preservação do meio ambiente; III -*

observância das disposições que regulam as relações de trabalho; IV - exploração que favoreça o bem-estar dos proprietários e dos trabalhadores) (Eler & Millani, 2007).

1.2. INDICADORES ECONÔMICOS

Os fatores que determinam a viabilidade econômica da aquicultura, de uma maneira geral são a equidade social e os impactos ambientais gerados pela atividade (Moura et al., 2016). De acordo com Foladori (2002) a sustentabilidade econômica apresenta uma análise mais complicada do que a ambiental, pois o conceito restringe o crescimento econômico e a eficiência produtiva. Tal concepção admite que o crescimento não pode ser ilimitado (como prega o capitalismo) pois não é congruente com a dimensão ambiental. Daly (2004) defendeu o crescimento sustentável como algo impossível, e, contrariamente à visão de crescimento econômico, afirmou que para haver sustentabilidade é necessária uma economia estacionária, preferencialmente com crescimento nulo.

A aquicultura é uma atividade econômica e, como tal, deve ser vista a partir da perspectiva de empresas que desenvolvem seus projetos para durarem, que gerem um retorno sobre o investimento para seus investidores e que a atividade gere mais ou menos vantagens sobre o seu desenvolvimento. Neste sentido, a sustentabilidade econômica relaciona muitas vezes com termos como o crescimento, desenvolvimento, eficiência, investimento, planejamento, estratégia, benefícios, estabilidade e equilíbrio (Foesa, 2013). Entre as modalidades da aquicultura, o cultivo de camarões marinhos vem apresentando relevante crescimento nas últimas décadas. A elevada demanda do produto no mercado internacional, a capacidade de gerar emprego e renda para o desenvolvimento do setor primário de muitos países, e a grande rentabilidade do agronegócio, foram os principais fatores que impulsionaram definitivamente o crescimento desse segmento aquícola nos países costeiros tropicais das Américas e da Ásia (Anderson et al, 2016).

No Equador, para se determinar a sustentabilidade econômica da aquicultura, Foesa (2010) identificou os seguintes indicadores: (i) Nível de rendimento econômico; (ii) Nível da dívida e (iii) Nível de diversificação do produto. Muhlert (2014) avaliou cinco indicadores econômicos para determinar a sustentabilidade da carcinicultura no município de São Cristovão/SE, sendo eles: (i) Renda mensal da carcinicultura; (ii) Renda mensal de outras atividades; (iii) Fonte de renda; (iv) Transporte próprio e (v) Produtividade. Cacho (2017) utilizou os seguintes indicadores para identificar a sustentabilidade econômica na criação de

peixes no município de Upanema/RN: (i) Relação Renda Investimento; (ii) Taxa Interna de Retorno; (iii) Período de Retorno de Capital; (iv) Relação Benefício/Custo; (v) Valor Presente Líquido; (vi) Lucro; (vii) Taxa de risco; (viii) Diversidade de produto; (ix) Diversidade de mercado e (x) Capital Gerado na Atividade.

Apesar de passar por uma sensível volatilidade na produção devido a problemas na produção de grandes produtores como China (Thitamadee et al, 2016), Tailândia (Tran et al, 2013; Joshi et al, 2014), México (Soto-Rodriguez et al, 2015) com os impactos negativos causados por enfermidades e crise econômica com baixas no consumo per capita em alguns países importadores, o cultivo de camarões já começa a sinalizar, uma retomada no crescimento estimada para os próximos dois anos. O cultivo de camarões marinhos tem se desenvolvido rapidamente no Brasil atingindo áreas costeiras e recursos hídricos continentais nas últimas três décadas isto devido a uma série de fatores: a) o advento da viabilidade técnica e econômica do cultivo da espécie exótica, *L. vannamei*; b) a adoção de um ciclo fechado de produção compreendido basicamente em três fases: maturação e acasalamento de reprodutores, produção de pós-larvas (larvicultura) e engorda de camarões; c) a adequação dos segmentos da cadeia produtiva (plantas de beneficiamento, insumos em geral etc.) a realidade da indústria no país (Rocha & Maia, 1998; Nunes, 2001; Rocha, 2014; Anderson et al, 2016).

1.3. INDICADORES AMBIENTAIS

Frequentemente a dimensão mais avaliada da sustentabilidade é a ambiental, principalmente devido às evidências dos impactos ambientais causados pela atividade de aquicultura (Moura et al, 2016). Apesar de sua importância no abastecimento alimentar e no seu potencial de geração de renda, a intensificação das atividades de aquicultura aumentou a dependência de insumos externos como alimento, energia e produtos químicos. Neste contexto, estas atividades tendem a afetar cada vez mais a qualidade e a quantidade de água, impactando a biodiversidade aquática e os recursos naturais do planeta, essa indústria distinta, exige medidas especiais de gestão para superar as externalidades, sejam elas positivas ou negativas (Bostock et al., 2010; Troell et al., 2014; Ribeiro et al., 2016).

Para a realização deste diagnóstico podem ser utilizados conjuntos de indicadores, baseados principalmente no uso dos recursos naturais, eficiência no uso dos recursos, poluentes liberados no ambiente e acumulados no sistema e a conservação da diversidade

genética e biodiversidade (Boyd et al., 2007; Valenti, 2008; Valenti et al., 2011). Para se avaliar esses indicadores, as metodologias mais utilizadas são as análises emergética, que se entende como sendo a energia disponível usada direta ou indiretamente para realizar um serviço ou produto; pegada ecológica, que pode ser definida como a área necessária para manter os padrões de consumo e o bem-estar de uma determinada população, considerando-se o uso de recursos e geração de resíduos, a análise de resiliência que indica a capacidade de lidar com incertezas futuras e gerar renda suficiente para manter o produtor na atividade e a análise do ciclo de vida, que avalia os impactos potenciais associados com um produto através da quantificação e avaliação dos recursos consumidos e emissões para o ambiente em todos os estágios do seu ciclo de vida, ou seja, desde a extração da matéria-prima até o descarte de resíduos, sendo assim, essas metodologias dão uma visão integrada do sistema, porém, estas análises requerem enorme quantidade de dados, o que muitas vezes é difícil de conseguir, principalmente no que se refere à dimensão ambiental. (Odum, 1994; Rees, 2000; Fu et al., 2015).

Por serem organismos aquáticos bentônicos, os camarões passam a maior parte do tempo sobre o sedimento dos viveiros de criação, este local pode acumular grande quantidade de matéria orgânica e de nutrientes que podem reduzir consideravelmente as concentrações de oxigênio dissolvido da água, devido à intensa decomposição microbiológica da matéria orgânica, parte destes nutrientes e material orgânico, provenientes da carcinicultura marinha, poderão ser lançados em regiões estuarinas e em áreas de mangue nas formas particuladas ou dissolvidos na água (Pereira et al., 2013; Aktaruzzaman et al., 2013; Kalantzi et al., 2013, Ottinger et al., 2016; Ribeiro et al., 2016). Apesar de a carcinicultura marinha ser uma importante atividade econômica em regiões tropicais e subtropicais, alguns estudos têm revelado que a mesma vem contribuindo na redução da área de mangue e no incremento de nutrientes e matéria orgânica em ecossistemas costeiros, como observado em estudos realizados na Ásia (Tien & Yoshino, 2013; Giri et al., 2011; Kuenzer et al., 2011); América Central (Benessaiah & Sengupta, 2014; Berlanga-Robles et al., 2011ab), e América do Sul (Queiroz et al., 2013; Suarez-Abelenda et al., 2014; Mialhe et al., 2013). Nesse contexto, medidas de boas práticas de manejo como o uso de alimentos com níveis mais baixos de proteína, maior digestibilidade, menor produção de resíduos e uma maior transformação de ração em biomassa de camarão, são práticas que podem reduzir a degradação ambiental, com aumento da produtividade e diminuição do estresse sobre os organismos cultivados, deixando-

os mais resistente a doenças (Azevedo et al. 2013; Castillo-Soriano et al., 2013; Brito et al., 2014; Brito et al., 2016).

Com relação a emissão de gases que possam vir a causar o efeito estufa, os ecossistemas aquáticos são atingidos pelo transporte físico destes gases a partir do sedimento e da coluna de água (Martikainen, 2002). Os gases do efeito estufa são gerados no sedimento do ecossistema aquático e, inicialmente, ficam dissolvidos na água. Atualmente cerca 16,6 milhões de toneladas de carbono estão submersos em viveiros de aquicultura a nível mundial, Isto representa a metade da quantidade observada por lagos naturais e águas interiores (Boyd 2010). Apesar disso, essa questão ainda tem sido bastante negligenciada, estabelecendo a relação de sustentabilidade dos sistemas baseados apenas nas avaliações da qualidade de água dos viveiros e dos efluentes gerados (Datta et al., 2009;). Por isso, conhecer a dinâmica de emissão de gases gerados é essencial para a avaliação da sustentabilidade ambiental da aquicultura. (Boyd et al., 2010; Orjuela et al., 2011; Valenti et al., 2011; Yang et al., 2012; Hu et al., 2013; Mungkung et al., 2013; Schott et al., 2016).

1.4. MODELAGEM DA SUSTENTABILIDADE

Os indicadores de sustentabilidade devem apresentar atributos que são considerados relevantes pelos tomadores de decisão e não necessariamente por um público especializado (Klug e Knoch, 2014). Indicadores bem desenvolvidos devem condensar e decifrar dados relevantes medindo, quantificando, qualificando e transmitindo informações de uma forma que seja fácil de entender (Kurka e Blackwood, 2013). Esse conjunto de indicadores, que segundo Ferreira (2010) define como sendo aquele que indica, todavia o termo “indicador” pode nos apontar, comunicar, estimar um parâmetro, um objetivo ou uma meta de um recurso que passa a ser perceptível mesmo que não seja imediatamente detectável, sendo que a principal vantagem do seu uso é que estes transformam dados técnicos e complexos em informações sintetizadas e mais simples (Calijuri et al., 2009).

Para se avaliar esse conjunto de indicadores, as metodologias mais utilizadas são as análises emergética, que se entende como sendo a energia disponível usada direta ou indiretamente para realizar um serviço ou produto; pegada ecológica, que pode ser definida como a área necessária para manter os padrões de consumo e o bem-estar de uma determinada população, considerando-se o uso de recursos e geração de resíduos; a análise de resiliência que indica a capacidade de lidar com incertezas futuras e gerar renda suficiente para manter o

produtor na atividade e a análise do ciclo de vida, que avalia os impactos potenciais associados com um produto através da quantificação e avaliação dos recursos consumidos e emissões para o ambiente em todos os estágios do seu ciclo de vida, ou seja, desde a extração da matéria-prima até o descarte de resíduos, sendo assim, essas metodologias dão uma visão integrada do sistema, porém, estas análises requerem enorme quantidade de dados, o que muitas vezes é difícil de conseguir, principalmente no que se refere à dimensão ambiental. (Odum, 1994; Rees, 2000; Garcia & Kimpara, 2012).

Mais recentemente, o arcabouço teórico do modelo conceitual DPSIR (*Drivers-Pressure-State-Impact-Response*) permitiu agregar as informações de diversos indicadores com informações gerenciais como políticas públicas aplicadas à aquicultura. Sendo um modelo de avaliação sistêmica capaz de fornecer informações sobre as interações econômicas, sociais e ambientais do sistema analisado, e que possibilita demonstrar o direcionamento mais sustentável no gerenciamento do recurso, com ênfase nos indicadores mais importantes (Nobre et al., 2010; Moura et al., 2016). Esta abordagem conceitual vem sendo aplicada à gestão de recursos naturais principalmente na Europa por meio de modelos computacionais como o MULINO *mDSS* (Giupponi, 2007) que permite uma interface entre os gestores no intuito de auxiliar na tomada de decisão.

A abordagem DPSIR é o arcabouço mais amplamente utilizado para indicadores ambientais (Spangenberg et al., 2015), sendo baseado no quadro conceitual pressão-estado-resposta. A estrutura DPSIR organiza os indicadores de acordo com a Causa-efeito sob as seguintes categorias: Forças de Motriz, Pressão, Estado, Impacto e Resposta. Com isso, um indicador, dependendo da sua natureza e os atributos, pode ser classificado em um ou mais destes componentes (Pires et al., 2017). Trabalhos utilizando o modelo DPSIR com determinado conjunto de indicadores, avaliaram a sustentabilidade de alguns sistemas de cultivo de organismos aquáticos, como na África do Sul, onde Nobre et al. (2010), avaliaram a sustentabilidade de uma fazenda de cultivo de abalone sob a ótica do arcabouço *DPSIR*.

Recentemente, Moura et al. (2016) utilizaram indicadores ambientais, sociais e econômicos sob o arcabouço *DIPSIR* em uma piscicultura de tanques-rede em reservatório do semiárido brasileiro, onde foram criados diversos tratamentos hipotéticos com diferentes densidades de estocagem para avaliar qual desses sistemas seria o mais sustentável. Os autores concluíram que o conjunto de indicadores foi adequado para a avaliação da sustentabilidade do sistema em questão, além de evidenciarem a importância do arcabouço *DPSIR* na avaliação desta sustentabilidade, principalmente no sentido de apontar os

indicadores mais importantes para o sistema, além de fornecer uma visão holística da sustentabilidade das três dimensões consideradas.

E apesar dos estudos em aquicultura atentarem-se basicamente em termos ambientais e econômicos de forma isolada, torna-se interessante a inclusão de todas as dimensões na esfera da sustentabilidade e suas interações, atentando-se para as considerações dos custos e benefícios sociais envolvidos na atividade, bem como assegurando uma gestão adequada para promover os princípios da gestão integrada dos recursos hídricos. Dessa forma, ferramentas de avaliação que interajam e promovam uma visão em sua totalidade e globalidade do sistema nas várias das suas dimensões é o tipo de avaliação que permite um melhor entendimento da real condição de sustentabilidade ou insustentabilidade da atividade (Cacho, 2017).

2. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os estudos em aquicultura parecem se pautar basicamente em termos ambientais e econômicos de forma isolada, não considerando a interação destes fatores, e raramente levando em considerações os custos e benefícios sociais envolvidos na atividade. Dessa forma, ferramentas de avaliação multifacetadas, que provocam uma visão holística do sistema em várias das suas dimensões, é o tipo de avaliação que permite um melhor entendimento da real condição de sustentabilidade ou insustentabilidade dessa atividade.

Torna-se necessário uma concentração de esforços para se entender o sistema aquícola sob uma ótica macroscópica, bem como conhecer a sinergia entre suas dimensões. O uso de indicadores, dentre todas as ferramentas disponíveis parece ser a mais flexível nestes termos, por permitir ao avaliador conhecer o estado global de sustentabilidade de um sistema através do conhecimento de vários aspectos em dimensões bem definidas. Esse tipo de avaliação não só permite um entendimento global da atividade, como permite a compreensão das relações entre as dimensões, permitindo a identificação dos fatores críticos para a sustentabilidade desse sistema.

Neste sentido, esforços vêm sendo empregados não somente na mitigação dos impactos e elevação dos benefícios da atividade, mas também na avaliação global da sustentabilidade destes sistemas. Assim, o uso de indicadores de sustentabilidade na avaliação sistêmica na carcinicultura marinha, parece ser o caminho a se seguir no entendimento da estrutura e funcionamento destes sistemas produtivos e suas relações com o meio ambiente e a comunidade. Dessa forma, para melhor determinar a sustentabilidade dessa atividade, quanto

maior for o numero de indicadores utilizados, maior precisão obteremos na definição dos pilares da aquicultura moderna, podendo assim, entender melhor o direcionamento da atividade de carcinicultura para os eixos da sustentabilidade social, econômica e ambiental.

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKTARUZZAMAN, M.; HOSSAIN, M.S.; FAKHRUDDIN, A. N. M.; UDDIN, M. J.; RAHMAN, S. H.; CHOWDHURY, M. A. Z.; ALAM, M. K.; FARDOUS, Z. ; HOSSAIN, M.A. Water and bottom sediments quality of blackish water shrimp farms in Kaliganj Upazila, Satkhira, Bangladesh. **Soil Environ.** v.32, p. 29 – 35, 2013.

ALMEIDA, K. K. N.; CALLADO, A. L. C. Indicadores de desempenho ambiental e social de empresas do setor de energia elétrico brasileiro: Uma análise realizada a partir da ótica da teoria institucional. **Revista de Gestão, Finanças e Contabilidade**, UNEB, Salvador, v. 7, p. 222-239, 2017.

ANDERSON, J. L.; VALDERRAMA, D.; JORY, D. Global Outlook for Aquaculture Leadership (GOAL). Shrimp Production Survey: Recovery coming. Global. **Aquaculture Advocate**. Ed. 1, 2016.

ARAÚJO, M. C. ; VALENTI, W. C. . Effects of feeding strategy on larval development of the Amazon River prawn *Macrobrachium amazonicum*. **Revista Brasileira de Zootecnia-Brazilian Journal of Animal Science**. v. 46, p. 85-90, 2017.

AUBIN, J. Life cycle analysis as applied to environmental choices regarding farmed or wildcaught fish, **CAB Reviews**. CAB International. 2013.

AZEVEDO, C. M. S. B.; SALES, R. B. S.; ARRUDA, A. M. V.; SIMÃO, B. R.; BRITO, L. O. 2013. Desempenho do camarão *Litopenaeus vannamei* em sistema sem renovação de água com diferentes níveis de proteína bruta e adição de melaço. **Arquivos de Ciências do Mar**. v. 46, p. 40-46, 2013.

BENESSAIAH, K.; SENGUPTA, R. How is shrimp aquaculture transforming coastal livelihoods and lagoons in Estero real, Nicaragua?: the need to integrate SocioEcological research and ecosystem-based approaches. **Environ. Manage.** v. 54, p. 162 – 179, 2014.

BERLANGA-ROBLES, C.A.; RUIZ-LUNA, A.; BOCCO, G.; VEKERDY, Z. Spatial analysis of the impact of shrimp culture on the coastal wetlands on the Northern coast of Sinaloa, Mexico. **Ocean. Coast. Manag.** v. 54, p. 535 – 543, 2011a.

BERLANGA-ROBLES, C.A.; RUIZ-LUNA, A.; HERNANDEZ-GUZMAN, R. Impact of shrimp farming on mangrove forest and other coastal wetlands: the case of Mexico. In: Sladonja, B. (Ed.), **Aquaculture and the environment e a shared destiny**, p. 17 – 30, 2011b.

BJÖRNSSON, B. Effects of stocking density on growth rate of halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) reared in large circular tanks for three years. **Aquaculture**, v.123, p.259-270, 1994.

BLANCHET, K.; GIROIS, S. Selection of sustainability indicators for health services in challenging environments: balancing scientific approach with political engagement. **Evaluation and Program Planning**. v.38, p.28–32, 2012.

BOLCÁROVÁ, P.; KOLOŠTA, S. Assessment of sustainable development in the EU 27 using aggregated SD index. **Ecological Indicators**, v.48, p.699–705, 2015.

BOSTOCK, J.; MCANDREW, B.; RICHARDS, R.; JAUNCEY, K.; TELFER, T.; LORENZEN, K.; LITTLE, D.; ROSS, L.; HANDISYDE, N.; GATWARD, I.; CORNER, R. Aquaculture: global status and trends. **Philos. Trans. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci.** v. 365, 2010.

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.

BOYD, C.E.; TUCKER, C.; MCNEVIN, A.; BOSTICK, K.; CLAY, J. Indicators of Resource Use Efficiency and Environmental Performance in Fish and Crustacean **Aquaculture. Rev. Fish. Sci.** v. 15, p. 327–360, 2007.

BRASIL. Lei 11.326, de 24 de julho de 2006. Presidência da República – Casa Civil. Brasília. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2004-2006/2006/lei/111326.htm. 2006.

BRITO, L. O.; CHAGAS, A. M.; SILVA, E. P; SOARES, R. B.; SEVERI, W.; GALVEZ, A.O. Water quality, Vibrio density and growth of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone) in an integrated biofloc system with red seaweed *Gracilaria birdiae* (Greville). **Aquaculture Research**. v. 47, p. 940-950, 2016.

BRITO, L.O.; ARANTES, R.; MAGNOTTI, C.; DERNER, R.; PCHARA, F. OLIVERA, A.; VINATEA, L. Water quality and growth of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone) in coculture with green seaweed *Ulva lactuca* (Linnaeus) in intensive system. **Aquaculture International**. v. 22, p. 497-508, 2014.

BUENO, G.W.; OSTRENSKY A.; CANZI, C.; MATOS F.T.; Roubach, R. Implementation of aquaculture parks in Federal Government waters in Brazil. **Reviews in Aquaculture**. v. 7, p. 1–12, 2015.

CACHO, J. C. S. **O cultivo de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em tanques-rede em reservatório do semiárido brasileiro é sustentável economicamente, socialmente e ambientalmente?** 92f. 2017. Dissertação de Mestrado em Ciência Animal do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade Federal Rural do Semiárido – Mossoró/RN.

CALIJURI, M. L.; SANTIAGO, A. F.; CAMARGO, R. A. et al. Estudo de indicadores de saúde ambiental e de saneamento em cidade do Norte do Brasil. **Engenharia Sanitária & Ambiental**, v.14, p.19-28, 2009.

CASTILLO-SORIANO, F. A.; IBARRA-JUNQUERA, V.; ESCALANTEMINAKATA, P.; MENDOZA-CANO, O.; ORNELAS-PAZ, J. J.; ALMANZARAMÍREZ, J.C.; MEYER-WILLERER, A. O. Nitrogen dynamics model in zero water exchange, low salinity intensive ponds of white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, at Colima, México. **Latin American Journal Aquatic Research**, v. 41, p. 68-79, 2013.

CORNESCU, V.; ADAM, R. Considerations regarding the role of indicators used in the analysis and assessment of sustainable development in the E.U. **Procedia Economics Finance**, v.8, p.10–16, 2014.

COSTA-PIERCE, B.A. **Sustainable Ecological Aquaculture Systems**: The Need for a New Social Contract for Aquaculture Development. **Mar. Technol. Soc.** v. 44, p. 88–112, 2010.

COSTA, J.E.L. **A carcinicultura na região de Mossoró**. 2005. 56f. Monografia (Especialização em Carcinicultura) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró/RN.

DALY, H. E. Crescimento sustentável? Não, obrigado. Campinas: Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em ambiente e sociedade – ANPPAS. **Ambiente & sociedade**. v. 7, p. 197-201, 2004.

DATTA, A.; NAYAK, D.R.; SINHABADU, T.K.; ADHYA, T.K. Methane and nitrous oxide emissions from an integrated rainfed rice-fish farming system of Eastern India. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 129, p. 228-237, 2009.

ELER, M. N. & MILLANI, T. J. Métodos de estudos de sustentabilidade aplicados a aquicultura. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.36, p.33-44. 2007.

EPSTEIN, M.J.; ROY, M.-J. Making the business case for sustainability: linking social and environmental actions to financial performance. **Journal of Corporate Citizenship**, v.9, p. 79-96, 2003.

FAÇANHA, F. N.; OLIVEIRA-NETO, A. R.; FIGUEIREDO-SILVA, C.; NUNES, A. J. P. Effect of shrimp stocking density and graded levels of dietary methionine over the growth performance of *Litopenaeus vannamei* reared in a green-water system. **Aquaculture**, v. 463, p. 16-21, 2016.

FAO (Fisheries and Aquaculture Department). The State of World Fisheries and aquaculture (**SOFIA**). Rome: Fisheries and Aquaculture Department, p. 253, 2016.

FOESA, J. R. P. **Estrategia para el desarrollo sostenible de la acuicultura española**. FOESA, Madrid, España. 88 p., 2013.

FOESA, J. R. P. **Definición de indicadores de sostenibilidad en la acuicultura mediterránea**. FOESA, Madrid, España. 152p., 2010.

FOLADORI, G. Avances y límites de la sustentabilidad social. In: **Economia, Sociedad y Territorio**. v. 3, p. 621-637, 2002.

FU, C.; GRANDE, S.; CAVALEIRO, B.; RICHARDSON, A. J.; BUNDY, A.; REYGONDEAU, G.; BOLDT, J.; van der MEEREN, G. I.; TORRES, M. A.; SOBRINHO, I.; AUBER, A.; TRAVERS-TROLET, M.; PIRODDI, C.; DIALLO, I.; JOUFFRE, D.; MENDES, H.; BORGES, M. F.; LYNAM, C. P.; COLL, M.; SHANNON, L. J.; SHIN, Y. Relationships among fisheries exploitation, environmental conditions, and ecological

indicators across a series of marine ecosystems. **Journal Marine Systems**, v.148, p.101–111, 2015.

GIRI, C.; OCHIENG, E.; TIESZEN, L.L.; ZHU, Z.; SINGH, A.; LOVELAND, T.; MASEK, J.; DUKE, N. Status and distribution of mangrove forests of the world using earth observation satellite data. **Glob. Ecol. Biogeogr.** v. 20, p. 154 -159, 2011.

GIUPPONI, C. Decision Support Systems for Implementing the European Water Framework Directive: the MULINO approach. **Environmental Modeling and Software**, v. 22, p. 248-258, 2007.

GOSSNER, M. M.; FONSECA, C. R.; PAŠALIĆ, E.; TÜRKE, M.; LANGE, M.; WEISSER, W. W. Limitations to the use of arthropods as temperate forests indicators. **Biodiversity and Conservation**, v.23, p.945–962, 2014.

GUERRELHAS, A.C.B.; TEIXEIRA, A.P. Panorama da situação da mancha branca no Nordeste. **Panorama da Aquicultura**. v. 22, p. 38-41, 2012.

HELLEGERS, P. J. G. J.; SOPPE, R.; PERRY, C. J.; BASTIAANSEN, W. G. M. Remote sensing and economic indicators for supporting water resources management decisions. **Water Resources Management**. v.24, p.2419–2436, 2010.

HENRIKSSON, P. J. C.; GUINÉE, J. B.; KLEIJN, R.; SNOO, G. R. Life cycle of aquaculture systems—a review of methodologies. **Int. J. Life Cycle Assess.** v. 17, p. 304–313, 2012.

HU, Z.; LEE, J. W.; CHANDRAN, K.; KIM, S.; SHARMA, K.; BROTTTO, A. C.; KHANAL, KUMAR, S. Nitrogen transformations in intensive aquaculture system and its implication to climate change through nitrous oxide emission. **Bioresource Technology**. v. 130, p. 314–320, 2013.

JOSHI, J.; SRISALA, J.; TRUONG, V.H.; CHEN, I.T.; NUANGSAENG, B.; SUTHIENKUL, O.; LO, C.F.; FLEGEL, T.W.; SRITUNYALUCKSANA, K. ; THITAMADEE, S. Variation in *Vibrio parahaemolyticus* isolates from a single Thai shrimp farm experiencing an outbreak of acute hepatopancreatic necrosis disease (AHPND). **Aquaculture**, v. 428, p. 297– 302, 2014.

KALANTZI, I.; SHIMMIELD, T. M.; PERGANTIS, S. A.; PAPAGEORGIOU, N.; BLACK, K.D. Heavy metals, trace elements and sediment geochemistry at four Mediterranean fish farms. **Mar. Ecol. Prog. Ser.** v.227, p. 125 – 133, 2013.

KLUG, H.; KMOCH, A. Operationalizing environmental indicators for real time multipurpose decision making and action support. **Ecoogical. Modelling**, v. 295, p. 66–74, 2014.

KUENZER, C.; BLUEMEL, A.; GEBHARDT, S.; VO QUOC, T.; DECH, S. Remote sensing of mangrove ecosystems: a review. **Remote Sens.** v. 3, p. 878 - 928, 2011.

KURKA, T.; BLACKWOOD, D. Participatory selection of sustainability criteria and indicators for bioenergy developments. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 24, p. 92–102, 2013.

LIGHTNER, D.V. Biosecurity in Shrimp Farming: Pathogen Exclusion through use of SPF Stock and routine Surveillance. **World Aquaculture Society**, v. 36, p. 229-242, 2005.

LEU, J.H.; YANG, F.; ZHANG, X.; XU, X.; KOU, G.H.; LO, C.F. Whispovirus. *Curr. Top. Microbiol. Immunol.*, v. 328, p. 197–227, 2009.

LO, C.F.; CHANG, Y.S.; PENG, S.E.; KOU, G.H. Major viral diseases of *Penaeus monodon* in Taiwan. **J. Fish. Soc. Taiwan**, v. 30, p. 1–13, 2003.

LOBATO, T. C.; HAUSER-DAVIS, R. A.; OLIVEIRA, T. F.; SILVEIRA, A. M.; SILVA, H. A. N.; TAVARES, M. R. M.; SARAIVA, A. C. F.; Construction of a novel water quality index and quality indicator for reservoir water quality evaluation: a case study in the Amazon region. **Journal of Hydrology**, v.522, p.674–683, 2015.

MA, D.; HU, Y.; WANG, J.; YE, S.; LI, A. Effects of antibacterials use in aquaculture on biogeochemical processes in marine sediment. **Sci. Total Environ.** v. 367, p. 273–277, 2006.

MARTIKAINEN, P. J. Fluxes of methane, carbon dioxide and nitrous oxide in boreal lakes and potential anthropogenic effects on the aquatic greenhouse gas emissions. **Chemosphere**, v. 52, p. 609-621, 2002.

MEDINA-BELTRÁN, V.; LUNA-GONZÁLEZ, A.; FIERRO-CORONADO, J. A.; CAMPA-CÓRDOVA, A. I.; PERAZA-GÓMEZ, V.; FLORES-MIRANDA, M. A.; DEL, C. Gutiérrez-Rivera, J.N. Echinacea purpurea and Uncaria tomentosa reduce the prevalence of WSSV in whiteleg shrimp (*Litopenaeus vannamei*) cultured under laboratory conditions. **Aquaculture**. v. 358, p. 164–169, 2012.

MIALHE, F.; GUNNELL, Y.; MERING, C. The impacts of shrimp farming on land use, employment and migration in Tumbes, northern Peru. **Ocean. Coast. Manag.** v. 73, p. 1 - 12, 2013.

MOLDAN, B.; JANOUŠKOVÁ, S.; HÁK, T. How to understand and measure environmental sustainability: indicators and targets. **Ecological Indicators**, v.17, p.4–13, 2012.

MOURA, R. S. T.; VALENTE, W. C.; HENRY-SILVA, G. G. Sustainability of Nile tilapia net-cage culture in a reservoir in a semi-arid region. **Ecological indicators**, v. 66, p. 574-582, 2016.

MUHLERT, A. C. S. **Indicadores de Sustentabilidade da Carcinicultura em Terras Baixas**, São Cristovão, Sergipe. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal de Sergipe. 97 p., 2014.

MUNGKUNG, R.; AUBINA, J.; PRIHADID, T. H.; SLEMBROUCKE, J.; VAN DER WERFA, H. M.G.; LEGENDREE, M. Life Cycle Assessment for environmentally sustainable aquaculture management: a case study of combined aquaculture systems for carp and tilapia. **Journal of Cleaner Production**. v. 57, p.249–256, 2013.

NATORI, M. M.; SUSSEL, F.; SANTOS, E. C. B.; PREVIERO, T. C. *et al.* Desenvolvimento da canicultura marinha no Brasil e no mundo. **Informações Econômicas**, v. 41, n. 2, p. 61-73, 2011.

NOBRE, A. M.; ROBERTSON-ANDERSSON, D.; NEORI, A.; SANKAR, K. Ecological-economic assessment of aquaculture options: comparison between abalone monoculture and integrated multi-trophic aquaculture of abalone and seaweeds. **Aquaculture**, v. 306, p. 116-126, 2010.

NUNAN, L.; LIGHTNER, D.; PANTOJA, C.; GÓMEZ-JIMÉNEZ, S.; 2014. Detection of acute hepatopancreatic necrosis disease (AHPND) in Mexico. **Dis. Aquat. Org.** v. 111, p. 81–86, 2014.

NUNES, A.J.P. O cultivo de camarões marinhos no nordeste do Brasil. **Panorama da Aquicultura**, Edição 65, Rio de Janeiro, 2001.

ODUM, H.T. **Ecological and General Systems: An Introduction to Systems Ecology**, rev. ed. University Press of Colorado, Niwot, 644p., 1994.

OLSEN, Y. How can mariculture better help feed humanity? **Front. Mar. Sci.** v. 2, 2015.

ORJUELA, G. L. Dinámica del Carbono en estanques de peces - Carbon dynamics in aquaculture ponds. **Orinoquia**, v. 15, p. 48-61, 2011.

OTTINGER, M.; CLAUSS, K.; KUENZER, C. Aquaculture: Relevance, distribution, impacts and spatial assessments - A review. **Ocean & Coastal Management**, v. 119, p. 244 -266, 2016.

PEREIRA, L.A.; ROCHA, R.M. **Revista Ambiente e Sociedade**. v.18, n.3, São Paulo, Jul-Set, 2015.

PEREIRA, L.A.; VENTURA, R.; PERBICHE-NEVES, G.; SILVA, M.D.; BOEGER, W.; OSTRENSKY, A. Effects of shrimp *Litopenaeus Vannamei* (Boone, 1931) cage farming on sediment nutrients in a subtropical estuary. **Braz. J. Aquatic Sci. Technol.** v.17, n2,p5-8, 2013.

PIRES, A.; MORATO, J.; PEIXOTO, H.; BOTERO, V.; ZULUAGA, L.; FIGUEROA, A. Sustainability Assessment of indicators for integrated water resources management. **Science of the Total Environment**. v. 578, p. 139 – 147, 2017.

QUEIROZ, L.; ROSSI, S.; MEIRELES, J.; COELHO, C. Shrimp aquaculture in the federal state of Ceara, 1970e2012: trends after mangrove forest privatization in Brazil. **Ocean Coast. Manag.** v. 73, p. 54 – 62, 2013.

REES, W.E. Eco-footprint analisys: merits and brickbats. **Ecological Economics**. v.32, p. 371-374, 2000.

RIBEIRO, L. F.; EÇA, G. F.; BARROS, F.; HATJE, V. Impacts of shrimp farming cultivation cycles on microbenthic assemblages and chemistry of sediments. **Environmental Pollution**. v. 211, p. 307 - 315, 2016.

RIBEIRO, L. F.; SOUZA, M. M.; BARROS, F.; HARTJE, V.. Desafios da carcinicultura: aspectos legais, impactos ambientais e alternativas mitigadoras. **Gestão Costeira Integrada**, Brasília, v. 14, p. 365-383, 2014.

ROCHA, I.P. Uma análise da importância da aquicultura e de forma especial, da carcinicultura, para o fortalecimento do setor pesqueiro e da sócio economia primária brasileira. **Revista da ABCC**, Recife, ano 9, nov. 2014.

ROCHA, I.P.; MAIA, E.P. Desenvolvimento tecnológico e perspectivas de crescimento da carcinicultura marinha brasileira. In: AQUICULTURA BRASIL 98', Recife. **Anais...** Recife/PE: AQUICULTURA BRASIL 98', p. 213-236, 1998.

ROUBACH, R.; OSTRENSKY, A.; SCHULTER, E.P.; BUENO, G.W. Aquaculture planning, development in Brazilian Federal waters. **Global Aquaculture Advocate**. v. 18, p. 40–43, 2015.

RUBIO-CASTRO, A.; LUNA-GONZÁLEZ, A.; ÁLVAREZ-RUÍZ, P.; ESCAMILLA-MONTES, R. *et al.* Survival and immune-related gene expression in *Litopenaeus vannamei* co-infected with WSSV and *Vibrio parahaemolyticus*. **Aquaculture**. v.464, p. 692–698, 2016.

SAMPAIO, Y.; COSTA, E. F.; SAMPAIO, E. A. B. R. Impactos socioeconômicos do cultivo de camarão marinho em municípios selecionados do Nordeste brasileiro. **Ver. Econ. Sociol. Rural**. v. 46, p. 1015-1042, 2008.

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

SCHOTT, A. B. S; WENZEL, H.; JANSEN, J. C. Identification of decisive factors for greenhouse gas emissions in comparative life cycle assessments of food waste management – an analytical review. **Journal of Cleaner Production**. v. 119, p. 13–24, 2016.

SOTO-RODRIGUEZ, S.A.; GOMEZ-GIL, B.; LOZANO-OLVERA, R.; BETANCOURT-LOZANO, M.; MORALES-COVARRUBIAS, M.S. Field and experimental evidence of *Vibrio parahaemolyticus* as the causative agent of acute hepatopancreatic necrosis disease of cultured shrimp (*Litopenaeus vannamei*) in Northwestern Mexico. **Appl. Environ. Microbiol.** v. 81, 2015.

SPANGENBERG, J.H.; DOUGUET J-M.; SETTELE, J.; HEONG, K.L. Escaping the lock-in of continuous insecticide spraying in rice: Developing an integrated ecological and socio-political DPSIR analysis. **Ecological Modelling**, v. 295, p.188–195, 2015.

SPILLER, M. Adaptive capacity indicators to assess sustainability of urban water systems – current application. **Science of The Total Environment**, v.569–570, p.751–76, 2016.

SUAREZ-ABELENDA, M.; FERREIRA, T.O.; CAMPS-ARBESTAIN, M.; RIVERA-MONROY, V.H.; MACÍAS, F.; NOBREGA, G.N.; OTERO, X.L. The effect of nutrient-rich effluents from shrimp farming on mangrove soil carbon storage and geochemistry under semi-arid climate conditions in northern Brazil. **Geoderma**, v. 213, p. 551 -559, 2014.

TAUGOURDEAU, S.; le MAIRE, G.; AVELINO, J.; JONES, J. R.; RAMIREZ, L. G.; QUESADA, M. J.; CHARBONNIER, F.; GÓMEZ-DELGADO, F.; HARMAND, J.; RAPIDEL, B.; VAAST, P.; ROUPSARD, O. Leaf area index as an indicator of ecosystem services and management practices: an application for coffee agroforestry. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v.192, p.19–37, 2014.

THITAMADEE, S.; PRACHUMWAT, A.; SRISALA, J.; JAROENLAK, P.; SALACHAN, P.; SRITUNYALUCKSANA, K.; FLEGEL, T.W.; ITSATHITPHAISARN, O. Review of current disease threats for cultivated penaeid shrimp in Asia. **Aquaculture**, v. 452, p. 69–87, 2016.

TIEN, P.; YOSHINO, K. Comparing mangrove forest management in Hai Phong City, Vietnam towards sustainable aquaculture. **Procedia Environ. Sci.** v. 17, p. 109 -118, 2013.

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. **Dis. Aquat. Org.**, v. 105, p. 45–55, 2013.

TROELL, M.; NAYLOR, R. L.; METIAN, M.; BEVERIDGE, M.; TYEDMERS, P. H.; FOLKE, C.; ARROW, K. J.; BARRETT, S.; CREPIN, A. S.; EHRLICH, P. R.; GREN, A.; KAUTSKY, N.; LEVIN, S. A.; NYBORG, K.; OSTERBLUM, H.; POLASKY, S.; SCHEFFER, M.; WALKER, B.H.; XEPAPADEAS, T. DE ZEEUW, A. Does aquaculture add resilience to the global food system? **Proc. Natl. Acad. Sci.** v. 111, p. 13257 -13263, 2014.

VALENTI, W.C., KIMPAPA, J.M., PRETO, B.L. Measuring aquaculture sustainability. **World Aquac. Soc. Mag.** v. 43, 2011.

VALENTI, W. C. A. *Aqüicultura Brasileira é sustentável?* Palestra apresentada durante o IV Seminário Internacional de Aqüicultura, Maricultura e Pesca, Aquafair 2008, Florianópolis/SC. p.1-11, 2008. Disponível em: <www.avesui.com/anais>.

YANG, P.; TONG, C.; HE, Q.H.; HUANG, J.F. Diurnal variations of greenhouse gas fluxes at the water-air interface of aquaculture ponds in the Min River estuary. **Huan Jing Ke Xue**. v. 33, p. 4194-204, 2012.

ZHANG, Z. Tree-rings, a key ecological indicator of environment and climate change. **Ecological Indicators**, v.51, p.107–116, 2015.

ZHAO, X.; WU, P.; GAO, X.; PERSAUD, N. Soil quality indicators in relation to land use and topography in a small catchment on the Loess Plateau of China. **Land Degradation & Development**, v.26, n.1, p.54-61, 2015.

CAPÍTULO II – TAXAS DE SEDIMENTAÇÃO DE NUTRIENTES E MATERIAL PARTICULADO EM VIVEIROS DE CRIAÇÃO DE CAMARÃO MARINHO (*Litopenaeus vannamei*) SUBMETIDOS A DIFERENTES ESTRATÉGIAS DE MANEJO E DENSIDADES DE ESTOCAGEM

RESUMO: A carcinicultura marinha, apesar de ser uma importante atividade econômica em regiões tropicais e subtropicais, estudos tem revelado que a mesma vem contribuindo no incremento de nutrientes e matéria orgânica em ecossistemas costeiros, dessa forma, o objetivo desta pesquisa foi avaliar as Taxas de sedimentação de nutrientes e material particulado em viveiros de criação de camarão marinho (*Litopenaeus vannamei*) submetidos a diferentes estratégias de manejo e densidades de estocagem 92 (M1), 14 (M2) e 8 (M3) cam.m⁻² e com tempo máximo de cultivo de 79 dias. Com exceção da salinidade, os parâmetros transparência, temperatura, pH e OD se mantiveram próximos do ideal para atividade. As taxas de sedimentação de nutrientes e material particulado, com exceção do CIT e COT, foram significativamente superior em M3 no primeiro período de coleta, provavelmente influenciadas pelo manejo na primeira fase (estufa) relacionado ao aporte de sólidos suspensos e consequentemente matéria orgânica em decorrência da população inicial elevada e volume de ração ofertada. Em M1, com exceção do CIT e COT, apresentou tendência de decréscimo para o final do ciclo em todas as taxas de sedimentação de nutrientes e material particulado, a comunidade bacteriana pode ter auxiliado na redução desses compostos. Em M2 essa tendência de decréscimo das taxas foram observadas apenas para amônia, nitrato e N-total, esta tendência na redução das taxas pode estar associada a produção primária no viveiro, pois se verificou tendência crescente de clorofila a durante o cultivo para esse tratamento. Conclui-se que as taxas de sedimentação de nutrientes e material particulado da criação de camarão marinho em viveiros escavados são influenciadas pelas altas densidades de estocagem e também pelas formas de manejo destes organismos aquáticos.

Palavras chave: Camarão, Nutrientes, Taxa de sedimentação, White spot, Viveiro.

1. INTRODUÇÃO

A aquicultura tem se destacado entre os principais sistemas de produção de animais em confinamento, apresentando-se como uma forma eficiente de produção de proteína para alimentar a crescente população mundial, principalmente por apresentar diversas vantagens em relação a outras atividades, como por exemplo, curtos ciclos de produção, elevado nível tecnológico e espaço reduzido para produção (Anderson et al., 2016; FAO, 2016; Heinhuis, 2016). Apesar de sua importância no abastecimento alimentar e no seu potencial de geração de renda, a intensificação das atividades de aquicultura aumentou a dependência de insumos externos como alimento, energia e produtos químicos.

Neste contexto, estas atividades tendem a afetar cada vez mais a qualidade e a quantidade de água, impactando a biodiversidade aquática e os recursos naturais do planeta, essa indústria distinta, exige medidas especiais de gestão para superar as externalidades, sejam elas positivas ou negativas (Bostock et al., 2010; Troell et al., 2014; Ribeiro et al., 2016). Pesquisas realizadas na Colômbia constataram que uma fazenda semi-intensiva de camarão necessita de um ecossistema espacial de 35 a 190 vezes maior do que a própria fazenda, enquanto sistemas extensivos só precisam de uma área de suporte 20 vezes maior, o que incrementa consideravelmente a pegada ecológica de sistemas semi-intensivos e intensivos se comparados com sistemas extensivos de cultivo (Troell et al., 2013; Folke et al., 2014). Diante desta realidade, pesquisadores e gestores têm desenvolvido ferramentas para avaliar como a expansão das atividades de aquicultura pode ocorrer de forma sustentável (Nunes et al., 2011; Stigebrandt, 2011; Broch et al., 2013; Falconer et al., 2013; Saurel et al., 2014).

Por serem organismos aquáticos bentônicos, os camarões passam a maior parte do tempo sobre o sedimento dos viveiros de criação, que podem acumular grande quantidade de matéria orgânica e de nutrientes. Este acúmulo pode ter origem no excesso de fertilizantes aplicados durante o cultivo, nas elevadas taxas de arrastoamento, na biomassa morta do plâncton que se deposita no fundo dos viveiros e na densidade elevada da população cultivada de camarões. Todos estes fatores, associados ou não, em última instância podem reduzir consideravelmente as concentrações de oxigênio dissolvido da água, devido à intensa decomposição microbiológica da matéria orgânica, e comprometer a produção e consequentemente a viabilidade econômica da atividade. É importante destacar, que parte destes nutrientes e material orgânico, provenientes da carcinicultura marinha, poderá ser

lançada em regiões estuarinas e em áreas de mangue nas formas particuladas ou dissolvidos na água (Pereira et al., 2013; Aktaruzzaman et al., 2013; Kalantzi et al., 2013; Ottinger et al., 2016; Ribeiro et al., 2016).

Além dos impactos químicos e biológicos resultante dos cultivo intensivo, a destruição de manguezais está associada a construção de viveiros para criação de camarão, deixando áreas costeiras expostas à erosão e inundações, alterando naturalmente padrões de drenagem, aumento da salinidade e remoção de habitat para muitas espécies aquáticas (Orchard et al., 2015; Van Wesenbeeck et al., 2015). Apesar da carcinicultura marinha ser uma importante atividade econômica em regiões tropicais e subtropicais, alguns estudos têm revelado que a mesma vem contribuindo na redução da área de mangue e no incremento de nutrientes e matéria orgânica em ecossistemas costeiros, como observado em estudos realizados na Ásia (Tien & Yoshino, 2013; Giri et al., 2011; Kuenzer et al., 2011); África (Kirui et al., 2011), América Central (Benessaiah and Sengupta, 2014; Berlanga-Robles et al., 2011ab), Ásia (Mackinnon et al., 2012; Peng et al., 2013; Yao, 2013, Vo et al., 2013, DasGupta & Shaw, 2013) e América do Sul (Queiroz et al., 2013; Suarez-Abelenda et al., 2014; Mialhe et al., 2013). Porém, segundo Maia e Lacerda (2005), demonstraram um incremento de 1,28 hectares de mangue (16.034 ha) para cada 1,0 hectare de viveiro de camarão (12.543 ha) implantado no período compreendido entre 1978 a 2004.

Com cerca de 5,5 milhões de hectares de águas represadas em reservatórios, uma longa costa que se estende por mais de 8.000 km e 1.000.000 de hectares de áreas propícias para criação de camarão marinho, o Brasil ocupa uma posição de destaque no desenvolvimento da aquicultura (ABCC, 2013). No entanto, nos últimos anos, houve perdas na cultura do camarão brasileiro por conta de vírus da mionecrose (IMNV), vírus da síndrome da mancha branca (WSSV) e as doenças bacterianas (Guerrelhas & Teixeira, 2012), além de impactos ambientais ocasionados pela monocultura da criação de camarões em áreas costeiras, com geração de resíduos não utilizados por outras espécies, sendo assimilados por processos físicos, químicos ou biológicos dentro de viveiros ou descarregados em forma de efluentes (Boyd & Tucker, 2014).

Para minimizar estes problemas, a carcinicultura moderna e ambientalmente responsável necessita reduzir o volume de troca de água, diminuindo assim os custos de bombeamento e a possibilidade de introdução de patógenos, utilizar alimentos com maior digestibilidade, visando reduzir a produção de matéria orgânica e nutrientes que podem acarretar problemas no desenvolvimento dos próprios organismos cultivados, além de

contaminação dos ambientes aquáticos naturais onde os efluentes são lançados (Azevedo et al. 2011, Castillo-Soriano et al., 2013; Silva et al., 2013; Brito et al., 2014; David et al., 2015; Henry-Silva et al., 2015).

Atualmente pesquisas vêm buscando fontes alternativas de alimentação, bem como uma maior transformação de ração em biomassa de camarão com o objetivo de diminuir o aporte de matéria orgânica e nutrientes que contribuem para a eutrofização dos ambientes límnicos com subsequente aumento do consumo de oxigênio dissolvido (Henry-Silva & Camargo, 2008; Chen et al., 2012; Brito et al., 2016; Oestreich et al., 2016). Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar as taxas de sedimentação de nutrientes e de material particulado provenientes dos cultivos de camarão marinho (*Litopenaeus vannamei*) submetidos a diferentes densidades e estratégias de manejo numa região estuarina do semiárido brasileiro.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de estudo:

A pesquisa foi desenvolvida na empresa de carcinicultura conhecida como AQUARIUM AQUICULTURA DO BRASIL (5°11 "S, 37°20"W), localizada no município de Mossoró no estado do Rio Grande do Norte (Oeste do Estado). A fazenda localiza-se próxima ao estuário hipersalino do Rio Apodi/Mossoró, onde existe uma grande quantidade de salinas. A fazenda possui 800 hectares de área, distribuídos em 80 viveiros de engorda com tamanhos que variam de 0,26 a 2,6 há, onde são cultivados camarão marinho *L. vannamei*, com densidades que variam de 08 a 100 camarões.m⁻². A água de abastecimento dos viveiros é parcialmente retirada do rio Apodi/Mossoró e de poços subterrâneos (Fig. 1). De acordo com a classificação climática de Köppen, o clima da região é do tipo BSw^h, isto é, semiárido muito quente e com estação chuvosa no verão atrasando-se para o outono, apresentando temperatura média de 27,4°C, com precipitação pluviométrica anual média de 685,3 mm e com umidade relativa média do ar de 68,9%.



Figura 1. Localização da empresa AQUARIUM (5°11 "S, 37°20"W), com ênfase para a área de estudo.

2.2. Delineamento amostral

O experimento foi desenvolvido com um delineamento inteiramente casualizado, com três tratamentos. Cada tratamento foi constituído de quatro repetições, perfazendo um total de 12 unidades experimentais (viveiros), com áreas variando de 2600 a 26000 m², sendo que o tempo máximo dos experimentos foi de 79 dias, com coletas realizadas em intervalos de 15 dias perfazendo quatro períodos de coletas. Antecedendo o povoamento dos viveiros com as pós-larvas de *L. vannamei*, os mesmos foram esvaziados, desinfetados e mantidos um vazio sanitário por trinta dias, sendo que a biomassa média individual e inicial das pós-larvas usadas foi de 0,004 g (250 pls.g⁻¹). Foram definidos três tratamentos com características distintas de manejo e população inicial estocada.

Manejo 1 (M1): constituído por quatro viveiros povoados com uma densidade inicial 92 camarões.m⁻², sistema monofásico (pós-larvas colocadas diretamente nos viveiros de engorda), fertilização inicial que consistiu de uma mistura com 100 kg.ha⁻¹ de farelo de trigo, 30 kg.ha⁻¹ de nitrato de cálcio, 20 kg.ha⁻¹ de silicato e 20 kg.ha⁻¹ de melaço, e fertilizações de manutenção com a aplicações quinzenais de nitrato de cálcio, na proporção de 30 kg.ha⁻¹, e semanal de melaço, na proporção de 10 kg.ha⁻¹. Manejo 2 (M2): constituído por quatro viveiros povoados com uma densidade inicial de 14 camarões.m⁻²), sistema monofásico e fertilização inicial semelhante ao M1, porém sem fertilizações de manutenção, ou seja, sem a

aplicações quinzenal de nitrato de cálcio e semanal de melaço. Manejo 3 (M3): composto por duas fases distintas. A Fase 1 foi constituída por um viveiro tipo estufa estocado com 1.000 camarões.m⁻² por 30 dias, tipo raceway, coberto com lona com dimensões de 20x100 m onde as pós-larvas foram estocadas por um período de 30 dias. A fertilização inicial foi à base de uma mistura com 250 kg.ha⁻¹ de farelo de trigo, 45 kg.ha⁻¹ de nitrato de cálcio e 40 kg.ha⁻¹ de melaço, sendo adicionado ainda, 0,2 kg.ha⁻¹ de probiótico (cultura única ou mista de microorganismos vivos) constituídos de *Bacillus* spp. e *Lactobacillus* sp, previamente ativado em caixas de 1.000 litros por 24 hs com melaço e água do próprio viveiro. Semanalmente foi inoculado probiótico na quantidade 0,1 kg.ha⁻¹ e melaço 20 kg.ha⁻¹ (quantidades sugeridas por Avnimelech (2009), para manter uma relação C/N acima de 10). Na segunda fase, os juvenis de *L. vannamei*, com biomassa média individual de 0,98±0,05 g, foram despescados e estocados em quatro viveiros de engorda, cada um com uma densidade inicial de 8 camarões.m⁻²). Cada um dos viveiros foi fertilizado inicialmente com 30 kg.ha⁻¹ de nitrato de cálcio e 100 kg.ha⁻¹ de calcário dolomítico. Fertilizações semanais foram realizadas utilizando 10 kg.ha⁻¹ de nitrato de cálcio até a despesca.

O arraçoamento para os três tratamentos consistiu na oferta de ração através do método de voleio. Três tipos de rações comerciais com diferentes composições foram utilizados durante o experimento (Tab. 1). Fase 1: ração usada desde o povoamento até 10 dias de cultivo. Fase 2: ração usada logo após a fase 1 até o camarão atingir 3 g. Fase 3 (ração de engorda), utilizada a partir de 3 g até a despesca. Durante o experimento, os camarões foram alimentados inicialmente quatro vezes ao dia, sendo ofertado a 10% da biomassa até os indivíduos atingirem cerca de 1g. A partir desse momento a taxa de alimentação foi gradativamente reduzida até 2% da biomassa no final do experimento, sendo ofertada em duas refeições diárias. Não foi realizada a quarta coleta no tratamento M3 em função da antecipação da despesca. O tempo de cultivo para os tratamentos M1, M2 e M3 foram de 63, 79 e 51 dias, respectivamente.

Tabela 1. Caracterização das rações comerciais utilizadas no cultivo.

Fase	PB (%)	P (%)	E.E (%)	Granulometria (mm)
Fase 1	40	1,3	0,9	0,54 a 1,0
Fase 2	40	1,3	0,9	1,0 a 1,8
Fase 3	35	0,9	0,8	2,5

PB – Proteína bruta, P – Fósforo e E.E. – Extrato etéreo

2.3. Variáveis limnológicas:

As variáveis físico-químicas: transparência, salinidade, temperatura, pH e oxigênio dissolvido (OD) foram mensuradas quinzenalmente, totalizando ao longo do cultivo quatro coletas. Para mensurar os parâmetros, foi utilizado um disco Secchi e um multisensor de parâmetro de qualidade da água (HORIBA U-50). Todas as coletas foram realizadas próximas às comportas de drenagem dos viveiros no período diurno e noturno, sendo as 7:00 e 18:00 hs respectivamente.

2.4. Coleta de material particulado:

Durante o período de engorda, foram realizadas quatro coletas para M1 e M2 e três coletas para M3, isso em função da necessidade dos camarões serem despescados com menor tempo de cultivo, nesse tratamento. Os intervalos entre de coleta foram de 15 dias compreendidos no período de setembro a novembro de 2016. O material particulado gerado no fundo dos viveiros foi avaliado com a instalação de câmaras de sedimentação (Coletores de Tripton) submersas próximo as comportas de drenagem, aproximadamente a 1,5 m de profundidade, permanecendo submersos por um período de 24 horas, sendo instaladas e fixadas as 7:00 horas da manhã e retiradas as 7:00 horas do dia seguinte. Antes de serem dispostas no ambiente, as câmaras foram preenchidas completamente com água destilada, a fim de evitar a deposição de material antes do início do período de incubação. Amostras foram coletadas no interior das câmaras de sedimentação, como também foram coletadas amostras de água na superfície dos viveiros e então determinadas as concentrações de amônia, nitrito e nitrato (Mackereth et al., 1978); nitrogênio total (Koroleff, 1976) e fósforo total (Golterman et al., 1978).

Os cálculos das taxas de sedimentação foram feitos segundo descrito por Buffon et al., (2009). Onde foi filtrado um volume conhecido das amostras, após homogenização (150 ml) obtidas das câmaras de sedimentação, utilizando filtros (filtro quantitativo - retenção nominal: 20-25 micras) previamente secos e pesados (P_1). Os filtros contendo material particulado foram então secos em estufa a 60°C durante um período de 24 h, resfriados e pesados (P_2). Após esse procedimento, foram incinerados em mufla a 480°C, por 60 min, resfriados e pesados (P_3). As diferenças de massas entre: P_1 e P_2 ; P_1 e P_3 ; P_2 e P_3 forneceram as massas (em gramas) dos materiais em suspensão total, inorgânico e orgânico, respectivamente. A taxa

de sedimentação é correspondente à concentração de material da amostra filtrada, corrigida para o volume médio das câmaras de sedimentação. Logo, a concentração de material em suspensão foi estimada pela equação $C = \left(\frac{M_2 - M_1}{V_f} \right) \times 1000 \times 1000$.

A concentração de material em suspensão (TS) foi expressa em mg/L. A taxa de sedimentação foi determinada pela seguinte fórmula: $TS = (V_c \times C) \div (A_c \times T)$, onde: V_c = volume das câmaras de sedimentação (2,36 L); V_f = volume filtrado (mL); C = concentração de material em suspensão dentro das câmaras (mg/L); A_c = área da abertura da superfície da câmara de sedimentação (78,54 cm²); e T = tempo em dias. Assim, a taxa de sedimentação foi expressa em mg/cm²/dia. Para a determinação dos sólidos sedimentáveis, foi utilizado cones de Inhoff, onde as amostras das câmaras de sedimentação foram depositadas, registradas os volumes no cone e após um período de 45 min foi mensurado o volume de material sedimentado (mL.l⁻¹). Para análises do carbono total (CT), carbono orgânico total (COT) e carbono inorgânico total (CIT), foram coletadas amostras da água de superfície do viveiro, com auxílio de tubos de ensaio (50 ml) e, realizada em laboratório, uma oxidação em combustão catalítica usando um Analisador de Carbono VARIO-TOC, método de combustão em alta temperatura. Para análises de clorofila, foram filtrados 100 ml de amostras de água da superfície dos viveiros utilizando filtro de membrana de celulose - diâmetro de 47 mm - porosidade - 0,45 micras.

2.5. Análises dos dados:

Para testar a normalidade e a homocedasticidade dos resultados relacionados a variáveis limnológicas; amônia; nitrito; nitrato; clorofila; carbono inorgânico total (TIC); carbono orgânico total (TOC); fósforo total; nitrogênio total e material particulado, foram utilizados os testes de D'Agostinho e de Bartlett, respectivamente. Para as variáveis que apresentaram distribuição normal e variância homogênea foi aplicada Análise de Variância (ANOVA one-way) e a posteriori o teste de Tukey, que identificou diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os tratamentos.

3. RESULTADOS

Foi verificado uma tendência de aumento para as variáveis transparência, salinidade e oxigênio dissolvido, no tratamento M3, do início ao final do ciclo, sendo a salinidade significativamente superior a M1 e M2 no segundo e terceiro período de coleta. Já a temperatura em M3 se mostrou com tendência de queda do início ao final do ciclo. A transparência da água variou entre 26 e 40 cm; a salinidade entre 40 e 69 g.L⁻¹; a temperatura da água entre 26 a 32,0 °C; o pH de 7,4 a 8,6 e o Oxigênio Dissolvido variou entre 4,1 a 9,7 mg.L⁻¹ durante todo o período de cultivo. Não foram verificadas variações significativas entre as variáveis analisadas para os tratamentos M1 e M2.

Não foram verificadas diferenças significativas para os tratamentos M1, M2 e M3 nos diferentes períodos de coleta para a clorofila *a* (Tab. 03). A clorofila apresentou uma tendência de queda no tratamento M1, com maiores valores registrados no segundo período de coleta (177,56±160,0). Em M2 houve uma tendência de aumento a partir do segundo período, com valores mais elevados no quarto período de coleta (106,86±30,9). Não foi identificado clorofila *a* no primeiro período de coleta para M3, apresentando tendência de crescimento nos períodos seguintes.

Tab. 02. Valores médios e desvios padrão da clorofila *a* (µg.L⁻¹) da água de cultivo do *L. vannamei* com diferentes tratamentos, letras distintas indicam diferenças significativas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

TRATAMENTO	PERÍODOS			
	01	02	03	04
M1	145,74±97,6 ^a	177,56±160,0 ^a	76,56±23,0 ^a	76,18±13,04 ^a
M2	34,1±27,7 ^a	10,64±4,9 ^a	64,53±54,8 ^a	106,86±30,9 ^a
M3	ND	10,14±8,3 ^a	10,98±8,98 ^a	

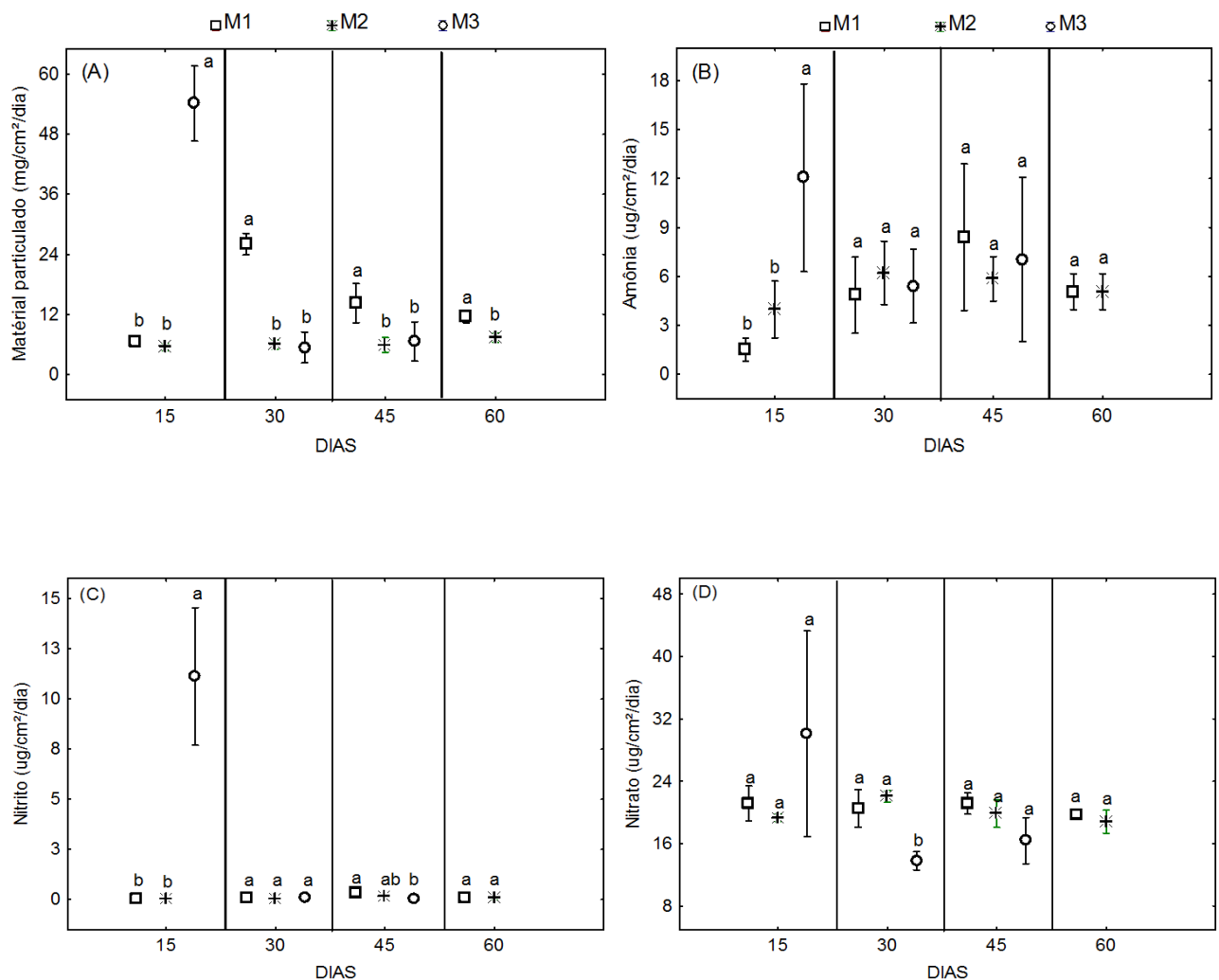
As taxas de sedimentação do material particulado em M3 foram significativamente superiores a M1 e M2 aos 15 dias de cultivo, sendo significativamente inferior a M1 nos períodos seguintes, decrescendo de 54,13 para 6,57 mg/cm²/dia. Em M1 a taxa de sedimentação do material particulado foi significativamente superior a M2 e M3 a partir dos 30 dias de cultivo, apresentando valor médio mais elevado de 26,03 mg/cm²/dia aos 30 dias e decrescendo para 11,59 no restante do cultivo. Em M2 houve um incremento destas taxas de sedimentação do início ao final do cultivo, com valores médios variando de 5,5 a 7,3 mg/cm²/dia (Fig. 02 A).

A taxa sedimentação da amônia foi significativamente superior em M3 (12,05 $\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{dia}$) quando comparada com as taxas em M1 (1,50 $\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{dia}$) e M2 (3,9 $\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{dia}$) aos 15 dias de cultivo. Não foram verificadas diferenças significativas para os outros períodos de coleta. M1 e M2 apresentaram um aumento da taxa de sedimentação da amônia até os 45 dias, decrescendo no final do cultivo (Fig. 2 B). A taxa sedimentação do nitrito em M3 (11,12 $\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{dia}$), aos 15 dias de cultivo, foi significativamente superior a M1 (0,037 $\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{dia}$) e M2 (0,054 $\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{dia}$) e significativamente inferior (0,025 $\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{dia}$) a M1 (0,30 $\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{dia}$) aos 45 dias. Não foram verificadas diferenças significativas para os tratamentos M1 e M2 durante todo o cultivo, variado de 0,037 a 0,10 $\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{dia}$ e de 0,054 a 0,065 $\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{dia}$, respectivamente (Fig. 2 C). A sedimentação do nitrato em M3 (13,8 $\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{dia}$) foi significativamente inferior a M1 (20,5 $\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{dia}$) e M2 (22,0 $\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{dia}$) aos 30 dias de cultivo. Não foram verificadas diferenças significativas no restante dos dias, com exceção de M3 que apresentou um crescimento aos 45 dias, todos os tratamentos apresentaram tendência de queda no final do cultivo, com valores médios variando de 21,18 a 19,77 $\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{dia}$ e 19,35 a 18,81 $\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{dia}$ para M1 e M2, respectivamente (Fig. 2 D).

As taxas de sedimentação do fósforo total em M3 foram significativamente superiores a M1 e M2 aos 15 dias, decrescendo no restante do cultivo (150,31 para 23,55 $\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{dia}$). A taxa de sedimentação desta variável em M1 foi significativamente superior a M2 e M3 aos 30 dias, apresentando decréscimo para o final do cultivo, variando de 56,63 a 24,09 $\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{dia}$. A taxa de sedimentação de fósforo total em M2 apresentou tendência de aumento ao longo do cultivo, variando de 13,0 a 18,0 $\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{dia}$. (Fig. 2 E). A taxa média de sedimentação do nitrogênio total em M3 (0,055 $\text{mg}/\text{cm}^2/\text{dia}$) foram mais elevadas que M1 e M2 aos 15 dias de cultivo, decrescendo nos períodos seguintes, sendo significativamente inferior a M2 no segundo período de coleta. Já em M2 a taxa média de sedimentação do nitrogênio total de 0,021 $\text{mg}/\text{cm}^2/\text{dia}$ foi significativamente superior a taxa observada em M3 aos 30 dias de cultivo (Fig. 2 F). Não foram verificadas diferenças significativas para os tratamentos M1, M2 e M3 nos outros períodos de coletas. Todos os tratamentos apresentaram tendência decrescente ao longo do cultivo, com valores médios variando de 0,021 a 0,02 $\text{mg}/\text{cm}^2/\text{dia}$ (M1), 0,02 a 0,019 $\text{mg}/\text{cm}^2/\text{dia}$ (M2) e 0,055 a 0,016 $\text{mg}/\text{cm}^2/\text{dia}$ (M3).

Para as taxas de sedimentação do carbono inorgânico total (CIT), não foram observadas diferenças significativas entre os três tratamentos nos diferentes períodos de coleta, os valores médios variaram de 0,8($\pm 0,12$), 0,706($\pm 0,14$) e 0,8 ($\pm 0,05$) $\text{mg}/\text{cm}^2/\text{dia}$ para M1, M2 e M3 respectivamente (Fig. 2 G). A taxa de sedimentação de carbono orgânico total

(COT) em M3 foi significativamente inferior a M1 e M2 aos 15 dias com tendência crescente, apresentando um pico de $0,91(\pm 0,04)$ mg/cm²/dia aos 45 dias de cultivo. As taxas de sedimentação de COT em M1 não apresentou diferença significativa no segundo período de cultivo, sendo significativamente inferior após os 45 dias de cultivo para M2 e M3, refletindo uma tendência de aumento para o final do ciclo, variando de $0,51(\pm 0,1)$ a $0,56(\pm 0,06)$ mg/cm²/dia (Fig. 2 H). Em M2, foi observado diferença significativa superior a M1 a partir dos 45 dias e significativamente inferior a M3 aos 30 dias de cultivo, apresentando tendência de aumento para o final do ciclo, variando de $0,51 (\pm 0,08)$ a $0,71(\pm 0,02)$ mg/cm²/dia.



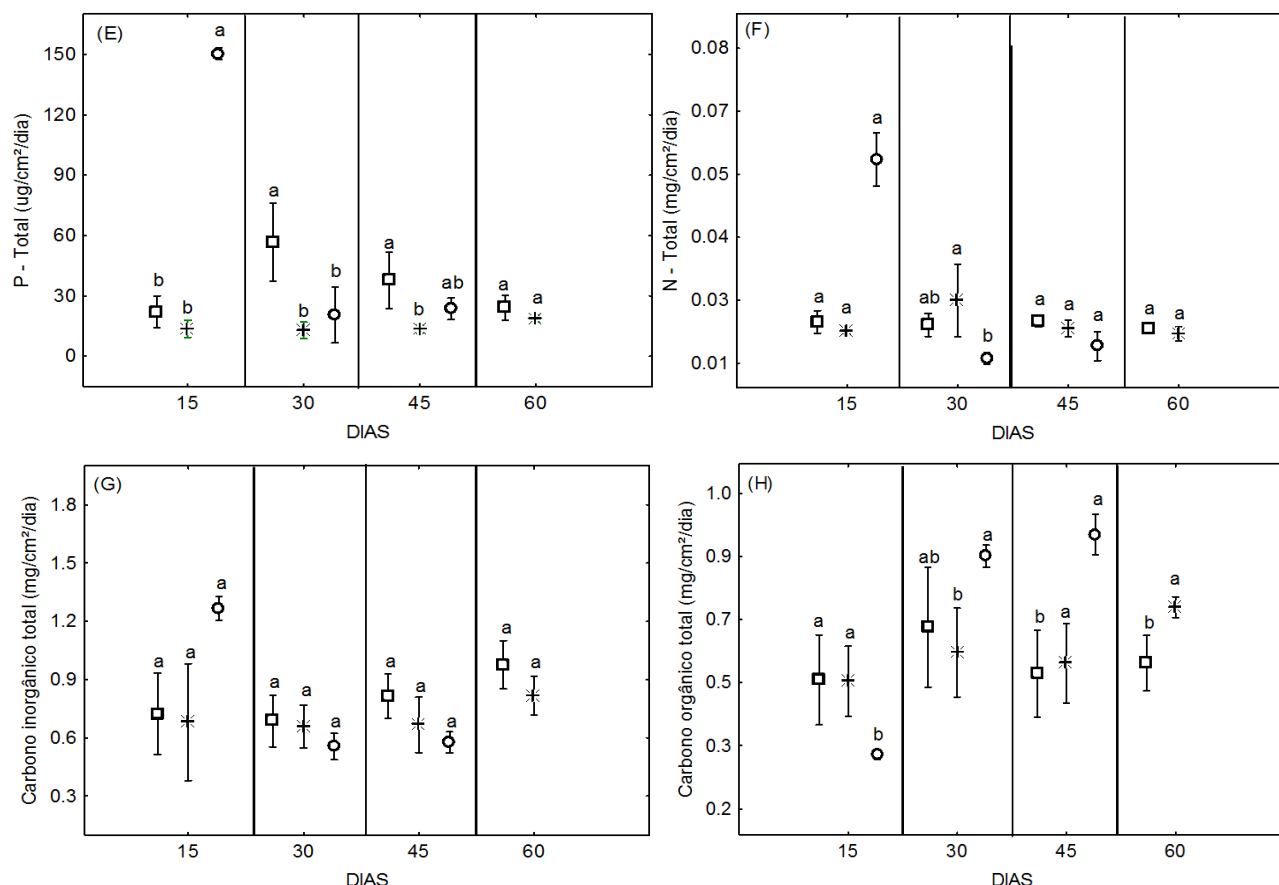


Figura 02 – Valores médios e desvios padrão das taxas de sedimentação de: A) material particulado; B) amônia; C) nitrito; D) nitrato; E) fósforo total; F) nitrogênio total; G) carbono inorgânico total e H) carbono orgânico total para os diferentes tratamentos. Letras distintas indicam diferenças significativas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

4. DISCUSSÃO

As taxas de sedimentação de nutrientes e material particulado no tratamento M3 foram superiores as encontradas em M1 e M2 no primeiro período de coleta em função das rações finas administradas e fertilizações elevadas, proporcionando um maior aporte de nutrientes e matéria orgânica. Observa-se que a partir dos 30 dias de cultivo ocorreu uma redução do material particulado em M3, visto que os camarões já estavam nos viveiros de engorda e não mais confinados em alta densidade e consequentemente recebendo uma quantidade menor de ração.

A redução dos valores de clorofila *a* a partir do segundo período de coleta, registrado em M1, pode estar associado a diminuição dos compostos nitrogenados, pois a produtividade primária responsável pela produção de clorofila depende, em grande parte, do N-total (Silva, et al., 2017). A tendência de aumento da clorofila *a* em M2 a partir do terceiro período de

coleta pode estar relacionada ao aumento de nutrientes no primeiro e segundo períodos, que contribuiu para o aumento da produtividade primária. Segundo Costa et al. (2016) as concentrações elevadas de nutrientes, especialmente nitrogênio e fósforo em ambientes aquáticos, apresentam relação direta com o incremento da produção fitoplanctônica. Os valores de clorofila *a* foram baixos no primeiro período de coleta em M3 (abaixo do índice de detecção do método), provavelmente em função do manejo na fase I onde os camarões foram mantidos em viveiros com estufa, que reduzia a penetração de luz, e consequentemente a atividade fotossintética pelo fitoplâncton.

Os valores significativamente mais elevados das taxas de sedimentação de material particulado a partir do 30º dia em M1, onde a densidade inicial dos camarões era mais elevada, provavelmente foi devido a grande quantidade de ração fornecida no início do cultivo, pois a ração ofertada foi calculada considerando que população inicial possuía 100% de sobrevivência, fato este que não foi observado em nenhum dos três tratamentos ao final do experimento. Almeida (2013), analisando a sedimentação de nutrientes e material particulado no cultivo de tilápia do Nilo em reservatório tropical, também constatou alterações nas características da água onde as densidades de estocagem eram mais elevadas. Até 30% da ração ofertada em um sistema de cultivo vão para o ambiente aquático na forma de ração não consumida ou na forma de excretas, podendo contribuir na qualidade da água de cultivo afetando o desempenho de crescimento do camarão cultivado (Pillay, 2004; Gaona, 2017). Com exceção dos valores mais elevados encontrados em M3 no primeiro período e M1 no segundo período, os valores médios de material particulado dos tratamentos M1, M2 e M3 foram semelhantes aos encontrados por Moura et al. (2014) e Cacho (2017) que encontraram, respectivamente, valores médios de sedimentação de material particulado de 6,13 e 9,23 mg/cm/dia sob os tanques-rede na criação de *O. niloticus* em reservatórios do semiárido brasileiro. Grande parte do material particulado produzido em viveiros de camarão é formada por uma ação coletiva de produtos químicos, fertilizantes, excrementos, alimentos não digeridos, organismos indesejados e detritos (Flaherty et al., 2000; Hall, 2004; Paul e Vogl, 2011), dessa forma, o aumento da sedimentação de material particulado pode estar relacionado ao aumento da biomassa de camarão produzida em função da maior oferta de ração na criação desses animais.

As taxas de sedimentação da amônia, nitrito e nitrato foram superiores em M3 aos 15 dias de cultivo. Este fato pode estar relacionado com a dinâmica do manejo na primeira fase, em função dos insumos utilizados para fertilização como melaço, farelo de trigo e nitrato de

cálcio. As taxas de sedimentação do nitrato foram superiores a do nitrito e da amônia, esse fato pode estar associado ao ambiente de cultivo, pois o mesmo se encontrava aeróbico, sem déficit de oxigênio. Isto evidencia que a ciclagem do nitrogênio provavelmente ocorreu nos sistemas de cultivo estudados e que a comunidade bacteriana auxiliou na redução da amônia a nitrito e em seguida a nitrato. Esta transformação das formas nitrogenadas pode vir a ser positiva nos sistemas de cultivo de organismos aquáticos, pois altas concentrações de amônia na água podem comprometer aspectos fisiológicos importantes nos camarões como a ecdise, consumo de oxigênio, como também causar a morte dos animais (Chen e Lin, 1992).

A tendência de aumento das taxas de sedimentação de fósforo em M2 foi semelhante ao comportamento das taxas de sedimentação do material particulado, o que demonstra a maior produção de dejetos que podem estar associadas a maior oferta de ração, que nem sempre é totalmente assimilada, e as excreções dos camarões. De uma maneira geral, as atividades de aquicultura elevam a sedimentação, em especial de compostos fosfatados na região de cultivo, sendo que a maior parte deste nutriente presente nos efluentes de atividades aquícolas provém das rações e fezes dos organismos cultivados e aproximadamente 66 a 84% do fósforo tende a ficar imobilizado no sedimento dos viveiros, sendo que apenas 25% desse nutriente são assimilados pelos camarões (Yiyong et al., 2001; Na e Kim, 2003; Guo e Li, 2003; Azevedo et al., 2004; Sugiura, et al., 2006; Avnimelech, 2009; Silva, 2013; Moura, et al., 2014; Cacho, 2017). A tendência de decréscimo do fósforo, para os tratamentos M1 e M3, pode estar associada à diminuição da oferta de ração antecedendo a despesca e ao crescimento compensatório dos camarões em M3 em função do manejo na segunda fase de cultivo, diminuindo o tempo de cultivo e com isso reduzindo a oferta de ração. Os valores médios das taxas de sedimentação de fósforo total encontrados no presente trabalho foram inferiores aos encontrados por Moura et al. (2014) e Cacho (2017), que verificaram taxas de sedimentação para este nutriente de 113 e 315 $\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{dia}$, respectivamente, ou seja, no presente trabalho as taxas médias de sedimentação de fósforo total foram cerca de 33% e 12% mais baixas, que as constatadas por estes dois autores em cultivos de tilápia do Nilo em tanques rede em reservatórios do semiárido brasileiro. Estes valores mais elevados encontrados em piscicultura em tanques rede podem estar associados à biomassa mais elevada de peixes produzida, se comparada com a biomassa dos camarões, necessitando assim de um aporte maior de rações rica em fósforo. Além disto, vale salientar que a coleta do material particulado sob os tanques-rede pode ter contribuído para uma maior concentração desse material se comparada com a coleta com as câmaras de sedimentação em viveiros, onde os organismos ficam dispersos.

A sedimentação de nitrogênio total liberado para o ambiente é proporcional à quantidade de ração ofertada e a concentração de proteína (40% PB) da ração, dessa forma, a administração e a qualidade do alimento podem estar associados ao aumento ou diminuição das taxas de sedimentação N-total. Funge-Smith (1998), menciona que do N-total contido nas rações utilizadas no cultivo de camarão marinho, apenas 24% é convertido em biomassa de camarão, enquanto 35% são eliminados em forma de efluente e 31% retido nos sedimentos. As maiores taxas de N-total observadas em M3 no início do cultivo podem estar associadas ao fornecimento de ração e ao elevado teor de proteína bruta, para atender a população inicial de camarão estocada no viveiro com estufa com densidade elevada. De fato, Haque et al. (2016) relatam que para cada 1.000 g de alimento ministrado na criação de organismos aquáticos, 33,6 g de nitrogênio se acumulam no fundo dos viveiros. A redução do N-total em M3 no segundo período de coleta, com tendência de aumento para o final do ciclo, pode estar associada à segunda fase de cultivo, sendo os camarões povoados em viveiros aberto com baixa densidade e uso de fertilizantes a base de compostos nitrogenados.

A tendência decrescente das taxas de N-total em M2, a partir do segundo período de coleta pode estar associada a produção primária no viveiro, pois se verificou tendência crescente de clorofila *a* durante o cultivo para esse tratamento. Neste contexto, parte do nitrogênio pode ter sido assimilada pelos organismos autotróficos (Faria et al., 2001; Chellapa et al., 2007; Casé et al., 2008; Silva et al., 2011; Silva, et al.; 2017). O tratamento M1 apresentou tendência à estabilização do N-total durante os três primeiros períodos de coleta e tendência de queda para o final do ciclo, provavelmente em função do manejo adotado para esse tratamento que utilizou melaço como fonte de carbono, sendo que a maior relação C/N foi observada em M1(3,1/1), seguido por M3 (1,44/1) e M2 (1,08/1), o aumento da relação C/N podem efetivamente controlar as concentrações de compostos nitrogenados através da assimilação heterotrófica e nitrificação autotrófica, garantindo a manutenção de níveis aceitáveis destes compostos para a cultura do camarão, mesmo em altas densidades de estocagem (Avnimelech, 2009; Ballester et al., 2010; Brito, 2016; Xu, 2016). Já as taxas de sedimentação do carbono apresentaram uma tendência semelhante à encontrada por Moura et al. (2014), que identificaram um aumento do CIT e do COT ao longo do cultivo de tilápia em tanques-rede. A tendência de aumento do COT nos três tratamentos provavelmente foi em função da elevada produção de resíduos (restos de rações, fezes, carapaças), que contribui para a elevação do conteúdo de matéria orgânica do sistema e consequentemente elevando as taxas de sedimentação da forma orgânica do carbono.

Pode-se concluir que as taxas de sedimentação de nutrientes e material particulado da criação de camarão marinho em viveiros escavados são influenciadas pelas altas densidades de estocagem e também pelas formas de manejo destes organismos aquáticos, pois grandes populações iniciais requerem volumes elevados de rações e fertilizantes, que podem gerar aportes destes compostos no sistema de cultivo. Pode-se constatar ainda, que o aumento da produtividade primária pelo fitoplâncton pode contribuir para a redução das taxas de sedimentação de nutrientes no sistema de cultivo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCC. Levantamento da infraestrutura produtiva e dos aspectos tecnológicos, econômicos, sociais e ambientais da carcinicultura marinha no Brasil em 2011. **Associação Brasileira de Criadores de Camarão**, 82 pp. Natal. 2013.

ALMEIDA, R. **Indicadores de sustentabilidade do cultivo de Tilápias-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) em tanques-rede em reservatório tropical**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Aquicultura. Universidade Estadual Paulista, Centro de Aquicultura, 2013.

ANDERSON, J. L.; VALDERRAMA, D.; JORY, D. Global Outlook for Aquaculture Leadership (GOAL). Shrimp Production Survey: Recovery coming. Global. **Aquaculture Advocate**. Ed. 1, 2016.

AKTARUZZAMAN, M.; HOSSAIN, M.S.; FAKHRUDDIN, A.N.M.; UDDIN, M.J.; RAHMAN, S.H.; CHOWDHURY, M.A.Z.; ALAM, M.K.; FARDOUS, Z.; HOSSAIN, M.A. Water and bottom sediments quality of blackish water shrimp farms in Kaliganj Upazila, Satkhira, Bangladesh. **Soil Environ.** v.32, p. 29 – 35, 2013.

AZEVEDO-SANTOS, V. M.; RIGOLIN-SÁ, O.; PELICICE, F. M. Growing, losing or introducing? Cage aquaculture as a vector for the introduction of non-native fish in Furnas Reservoir, Minas Gerais, Brazil. **Neotropical Ichthyology**, v.9, p.915–919, 2011.

AZEVEDO, P. A.; LEESON, S.; CHO, C. Y.; BUREAU, D. P.; **Aquaculture**. 234, 393. 2004.

AVNIMELECH & BIOFLOC TECHNOLOGY – A Practical Guide Book. **The world Aquaculture Society**, Baton Rouge. 2009.

BALLESTER, E. L. C.; ABREU, P. C.; CAVALLI, R. O.; EMERENCIANO, M.; ABREU, L.; WASIELESKY W. Jr. Effect of practical diets with different protein levels on the performance of *Farfantepenaeus paulensis* juveniles nursed in a zero exchange suspended microbial flocs intensive system. **Aquaculture Nutrition**, v. 16, n. 2, p. 163–172, 2010.

BENESSAIAH, K.; SENGUPTA, R. How is shrimp aquaculture transforming coastal livelihoods and lagoons in Estero real, Nicaragua?: the need to integrate SocioEcological research and ecosystem-based approaches. **Environ. Manage.** v. 54, p. 162 – 179, 2014.

BERLANGA-ROBLES, C.A.; RUIZ-LUNA, A.; BOCCO, G.; VEKERDY, Z. Spatial analysis of the impact of shrimp culture on the coastal wetlands on the Northern coast of Sinaloa, Mexico. **Ocean. Coast. Manag.** v. 54, p. 535 – 543, 2011a.

BERLANGA-ROBLES, C.A.; RUIZ-LUNA, A.; HERNANDEZ-GUZMAN, R. Impact of shrimp farming on mangrove forest and other coastal wetlands: the case of Mexico. In: Sladonja, B. (Ed.), **Aquaculture and the environment e a shared destiny**, p. 17 – 30, 2011b.

BOSTOCK, J.; MCANDREW, B.; RICHARDS, R.; JAUNCEY, K.; TELFER, T.; LORENZEN, K.; LITTLE, D.; ROSS, L.; HANDISYDE, N.; GATWARD, I.; CORNER, R. Aquaculture: global status and trends. **Philos. Trans. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci.** v. 365, 2010.

BOYD, C.E.; TUCKER, C.S. **Handbook for Aquaculture Water Quality**. Craftmaster Printers, Auburn, Alabama. 2014.

BRITO, L. O.; CHAGAS, A. M.; SILVA, E. P.; SOARES, R. B.; SEVERI, W.; GALVEZ, A. O. Water quality, *Vibrio* density and growth of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone) in an integrated biofloc system with red seaweed *Gracilaria birdiae* (Greville). **Aquaculture Research**, v. 47, 940–950, 2016.

Brito, L.O.; Arana, L.A.V.; Soares, R.B.; Severi, W.; Miranda, R.H.; Silva, S.M.B.C.; Coimbra, M.R.M.; Gálvez, A.O. Water quality, phytoplankton composition and growth of *Litopenaeus vannamei* (Boone) in an integrated biofloc system with *Gracilaria birdiae* (Greville) and *Gracilaria domingensis* (Kützinger). **Aquaculture International**, v. 22, p. 1649–1664, 2014.

BROCH, O. J.; ELLINGSEN, E.; FORBORD, I.; WANG, S. et al. Modelling the cultivation and bioremediation potential of the kelp *Saccharina latissima* in close proximity to an exposed salmon farm in Norway. **Aquac. Environ Interactions** v. 4, p.187–206, 2013.

CACHO, J. C. S. **O cultivo de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em tanques-rede em reservatório do semiárido brasileiro é sustentável economicamente, socialmente e ambientalmente?** Dissertação de Mestrado em Ciência Animal do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade Federal Rural do Semiárido – Mossoró/RN. 92p. 2017.

CASÉ, M.; LEÇA, E. E.; LEITÃO, S.N.; SANTANNA, E.E.; SCHWAMBORN, R.; MORAES-JUNIOR, A.T. Plankton community as an indicator of water quality in tropical shrimp culture ponds. **Marine Pollution Bulletin**. n. 56, p. 1343–1352, 2008.

CASTILLO-SORIANO, F. A.; IBARRA-JUNQUERA, V.; ESCALANTEMINAKATA, P.; MENDOZA-CANO, O.; ORNELAS-PAZ, J. J.; ALMANZARAMÍREZ, J.C.; MEYER-WILLERER, A. O. Nitrogen dynamics model in zero water exchange, low salinity intensive

ponds of white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, at Colima, México. **Latin American Journal Aquatic Research**, v. 41, p. 68-79, 2013.

CHELLAPA, N. T.; LIMA, A.K.A.; CÂMARA, F.R.A. Riqueza de Microalgas em Viveiros de Cultivo Orgânico de Camarão em Tibau do Sul, Rio Grande do Norte. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, supl. 2, p. 120-122, jul, 2007.

CHEN, Y. Y.; SIM, S. S.; CHIEW, S. L.; YEH, S. T.; LIOU, C. H.; CHEN, J. C. Dietary administration of a *Gracilaria tenuistipitata* extract produces protective immunity of white shrimp *Litopenaeus vannamei* in response to ammonia stress. **Aquaculture**, v. 370-371, p. 26-31, 2012.

CHEN, J. C.; LIN, C. Y. Oxygen consumption and ammonia-N excretion of *Penaeus chinensis* juveniles exposed to ambient ammonia at different salinity levels. **Comparative Biochemistry and Physiology**, v. 102, n. 2, p. 287-291, 1992.

COSTA, D. F.; BARBOSA, J. E. L.; DANTAS, E. W. Productivity-diversity relationships in reservoir phytoplankton communities in the semi-arid region of northeastern Brazil. **Journal of Arid Environments**, v.129, p.64-70, 2016.

DAVID, G. S.; CARVALHO, E. D.; LEMOS, D.; SILVEIRA, A. N.; DALL'AGLIO-SOBRINHO, M. Ecological carrying capacity for intensive tilapia (*Oreochromis niloticus*) cage aquaculture in a large hydroelectrical reservoir in Southeastern Brazil. **Aquacultural Engineering**, v.66, p.30-40, 2015.

DASGUPTA, R.; SHAW, R. Changing perspectives of mangrove management in India e an analytical overview. **Ocean Coast. Manag.** v. 80, p. 107 - 118, 2013.

FALCONER, L. **PhD thesis Spatial Modelling and GIS-based Decision Support Tools to Evaluate the Suitability of Sustainable Aquaculture Development in Large Catchments.** University of Stirling, (312 pp.), 2013.

FARIA, A. C. E. A.; HAYASHI, C.; SOARES, C. M.; FURUYA, W. M. Dinâmica da comunidade fitoplanctônica e variáveis físicas e químicas em tanques experimentais submetidos a diferentes adubações orgânicas. **Acta Scientiarum**. Maringá, v. 23, n. 2, p. 291-297, 2001.

FAO (Fisheries and Aquaculture Department). The State of World Fisheries and aquaculture (SOFIA). Rome: **Fisheries and Aquaculture Department**, p. 253, 2016.

FLAHERTY, M.; SZUSTER, B.; MILLER, P. Low salinity inland shrimp farming in Thailand. **Ambio**, v. 29, p. 174 -179, 2000.

FUNGE-SMITH, S.; BRIGGS, M. R. P. Nutrient budgets in intensive shrimp ponds: implications for sustainability. **Aquaculture**, v. 164, p. 117-133, 1998.

GAONA, C. A. P.; ALMEIDA, M. S. VERONICA VIAU, V.; POERSCH, L. H.; WASIELESKY JR, W. Effect of different total suspended solids levels on a *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) BFT culture system during biofloc formation. **Aquaculture Research**, v. 48, p.1070-1079, 2017.

GIRI, C.; OCHIENG, E.; TIESZEN, L.L.; ZHU, Z.; SINGH, A.; LOVELAND, T.; MASEK, J.; DUKE, N. Status and distribution of mangrove forests of the world using earth observation satellite data. **Glob. Ecol. Biogeogr.** p. 20, v. 154 -159, 2011.

GUERRELHAS, A. C. B & TEIXEIRA, A. P. Panorama da situação da mancha branca no Nordeste. **Panorama da Aquicultura** 22(129): 38-41, 2012.

GUO, L.; LI, Z. Effects of nitrogen and phosphorus from fish cage-culture on the communities of a shallow lake in middle Yangtze River basin of China. **Aquaculture**, v.226, p.201–212. 2003.

HALL, D., 2004. Explaining the diversity of Southeast Asian shrimp aquaculture. **J. Agrar. Change**, v. 4, p. 315 -335.

HAQUE, M. M.; BELTON, B.;ALAM, M. M.; AHMED, A. G.; ALAM, M. R. Reuse of fish pond sediments as fertilizer for fodder grass production in Bangladesh: Potential for sustainable intensification and improved nutrition. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 216, p. 226–236, 2016.

HEINHUIS, L. Global shrimp aquaculture industry dynamics. Rabobank F&A insights. **Food and Agribusiness Research**, November, 2016.

HENRY-SILVA. G.G; MAIA, C.S.P.; MOURA, R.S.T.; BESSA JUNIOR, A. P.; VALENTI, W.C. Integrated multi-trophic culture of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and Amazon river prawn (*Macrobrachium amazonicum*) in brackish water. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.67, p.265-273, 2015.

HENRY-SILVA, G. G.; CAMARGO, A. F. M. Impacto das atividades de aqüicultura e sistemas de tratamento de efluentes com macrófitas aquáticas. **Boletim do Instituto Pesca**, v. 34, p. 163 – 173, 2008.

KALANTZI, I.; SHIMMIELD, T.M.; PERGANTIS, S.A.; PAPAGEORGIOU, N.; BLACK, K.D. Heavy metals, trace elements and sediment geochemistry at four Mediterranean fish farms. **Mar. Ecol. Prog. Ser.** v.227, p. 125 -133, 2013.

KIRUI, K.B.; KAIRO, J.G.; BOSIRE, J.; VIERGEVER, K.M.; RUDRA, S.; HUXHAM, M.; BRIERS, R.A. Mapping of mangrove forest land cover change along the Kenya coastline using Landsat imagery. **Ocean Coast. Manag.** v. 83, p. 19 – 24, 2011.

KUENZER, C.; BLUEMEL, A.; GEBHARDT, S.; VO QUOC, T.; DECH, S. Remote sensing of mangrove ecosystems: a review. **Remote Sens.** v. 3, p. 878 - 928, 2011.

MACKINNON, J.; VERKUIL, Y.I.; MURRAY, N. IUCN Situation analysis on East and Southeast Asian intertidal habitats , with particular reference to the Yellow Sea (including the Bohai Sea). Occasional Paper of the IUCN Species Survival Commission No. 47. **Gland, Switzerland and Cambridge, UK.** 2012.

MAIA, L. P.; LACERDA, L. D. (orgs.). Estudo das áreas de manguezais do nordeste do Brasil - Avaliação das áreas de manguezais dos Estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do

Norte, Paraíba e Pernambuco. Universidade Federal do Ceará. Instituto de Ciências do Mar. Fortaleza, 60 p, 2005.

MIALHE, F.; GUNNELL, Y.; MERING, C. The impacts of shrimp farming on land use, employment and migration in Tumbes, northern Peru. **Ocean. Coast. Manag.** v. 73, p. 1 - 12, 2013.

MOURA, R. S. T.; LOPES, Y. V. A.; HENRY-SILVA, G. G. Sedimentação de nutrientes e material particulado sob influência de atividades de piscicultura no semiárido do Rio Grande do Norte. **Química Nova**, v.37, p.1283-1288, 2014.

NA, K.; KIM, D. Response of reservoir water quality to nutrient inputs from streams and intake fishfarms. **Water, Air, and Soil Pollution**, v.149, p.27-49, 2003.

NUNES, J.P.; FERREIRA, J.G.; BRICKER, S.B.; O'LOAN, B.; DABROWSKI, T.; DALLAGHAN, B.; HAWKINS, J. S.; O'CONNOR, B.; O'CARROLL, T. Towards an ecosystem approach to aquaculture: assessment of sustainable shellfish cultivation at different scales of space, time and complexity. **Aquaculture**, v. 315, p. 369–383, 2011.

OESTREICH, W.K.; GANJU, N.K.; POHMAN, J.W.; SUTTLES, S.E. Colored dissolved organic matter in shallow estuaries: relationships between carbon sources and light attenuation. **Biogeosciences**. v. 13, p. 583 - 595, 2016.

ORCHARD, S.E.; STRINGER, L.C.; QUINN, C.H. Impacts of aquaculture on social networks in the mangrove systems of northern Vietnam. **Ocean Coast. Manag.** v.114, p. 1-10, 2015.

OTTINGER, M.; CLAUSS, K.; KUENZER, C. Aquaculture: Relevance, distribution, impacts and spatial assessments - A review. **Ocean & Coastal Management**, v. 119. p. 244 -266, 2016.

PENG, Y.; CHEN, G.; LI, S.; LIU, Y.; PERNETTA, J.C. Use of degraded coastal wetland in an integrated mangrove aquaculture system: a case study from the South China Sea. **Ocean. Coast. Manag.** v. 85, p. 209 - 213, 2013.

PEREIRA, L.A.; VENTURA, R.; PERBICHE-NEVES, G.; SILVA, M.D.; BOEGER, W.; OSTRENSKY, A. Effects of shrimp *Litopenaeus Vannamei* (Boone, 1931) cage farming on sediment nutrients in a subtropical estuary. **Braz. J. Aquatic Sci. Technol.** v.17, n2,p5-8, 2013.

PILLAY, T.V.R. Aquaculture and the environment. 2 ed. Oxford: **Fishing News Books**, p.199. 2004.

PAUL, B. G.; VOLG, C. R. Impacts of shrimp farming in Bangladesh: Challenges and alternatives. **Ocean & Coastal Management**. v. 54, p. 201 - 211, 2011.

QUEIROZ, L.; ROSSI, S.; MEIRELES, J.; COELHO, C. Shrimp aquaculture in the federal state of Cear_a, 1970e2012: trends after mangrove forest privatization in Brazil. **Ocean Coast. Manag.** v. 73, p. 54 – 62, 2013.

RIBEIRO, L. F.; EÇA, G. F.; BARROS, F. ; HATJE, V. Impacts of shrimp farming cultivation cycles on microbenthic assemblages and chemistry of sediments. *Environmental Pollution*. v. 211, p. 307 - 315, 2016.

ROCHA, I.P.; MENDONÇA, C. Domestic farmed of farmed shrimp in Brazil: Improved practices, rising demand alter industry. **Global Aquaculture Advocate**, n. 2, p.44-46, March/April, 2015.

SAUREL, C.; FERREIRA, J.G.; CHENEY, D.; SUHRBIER, A.; DEWEY, B.; DAVIS, J.; CORDELL, J. Ecosystem goods and services from Manila clam culture in Puget Sound\amodelling analysis. **Aquac. Environ. Interactions**, 2014.

SILVA, C. A. R.; STERNBERG, L. S. L.; DÁVALOS, P. B.; SOUZA, F. E.S. The impact of organic and intensive farming on the tropical estuary. **Ocean & Coastal Management**, v. 141 p. 55 -64, 2017.

SILVA, K.R.; WASIELESKY, W. JR & ABREU, P.C. Nitrogen and phosphorus dynamics in the biofloc production of the Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Journal of the World Aquaculture Society*, v. 44, p. 30–41, 2013.

SILVA, R. S.; ARAÚJO, R. F.; SOUZA, A. S.; ROCHA, C.P.; MELO, N.F.A.C. Avaliação dos parâmetros abióticos e caracterização do mesozooplâncton em um viveiro de cultivo de *Litopenaeus vannamei* (Boone 1931) em Curuçá, Pará, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 9, n. 4, p. 502-508, out./dez, 2011.

STIGEBRANDT, A. Carrying capacity: general principles of model construction. **Aquac. Res**, v. 42, p. 41–50. 2011.

SUAREZ-ABELENDA, M.; FERREIRA, T.O.; CAMPS-ARBESTAIN, M.; RIVERA-MONROY, V.H.; MACÍAS, F.; NOBREGA, G.N.; OTERO, X.L. The effect of nutrient-rich effluents from shrimp farming on mangrove soil carbon storage and geochemistry under semi-arid climate conditions in northern Brazil. **Geoderma**, v. 213, p. 551 -559, 2014.

SUGIURA, S.H.; MARCHANT, D.D.; KELSEY, K.; WIGGINS, T. & FERRARIS, R.P. Effluent profile of commercially used low phosphorus fish feeds. **Environmental Pollution**, v. 140, p. 95–101, 2006.

TIEN, P.; YOSHINO, K. Comparing mangrove forest management in Hai Phong City, Vietnam towards sustainable aquaculture. **Procedia Environ. Sci.** v. 17, p. 109 -118, 2013.

TROELL, M.; NAYLOR, R. L.; METIAN, M.; BEVERIDGE, M.; TYEDMERS, P. H.; FOLKE, C.; ARROW, K. J.; BARRETT, S.; CREPIN, A. S.; EHRLICH, P. R.; GREN, A.; KAUTSKY, N.; LEVIN, S. A.; NYBORG, K.; OSTERBLOM, H.; POLASKY, S.; SCHEFFER, M.; WALKER, B.H.; XEPAPADEAS, T. DE ZEEUW, A. Does aquaculture add resilience to the global food system? **Proc. Natl. Acad. Sci.** v. 111, p. 13257 -13263, 2014.

TROELL, M.; KAUTSKY, N.; BEVERIDGE, M.; HENRIKSSON, P.; PRIMAVERA, J.; RONNBACK, P.; FOLKE, C. Aquaculture. In: Levin, S.A. (Ed.), **Encyclopedia of Biodiversity**. Academic Press, Waltham, MA, p. 189 -201, 2013.

VAN WESENBEECK, B. K.; BALKE, T.; VAN EIJK, P.; TONNEIJCK, F.; SIRY, H.Y. Aquaculture induced erosion of tropical coastlines throw coastal communities back into poverty. **Ocean Coast. Manag.** v. 116, p. 466 -469. 2015.

VO, Q.T.; OPPELT, N.; LEINENKUGEL, P.; KUENZER, C. Remote Sensing in Mapping Mangrove Ecosystems - An Object-Based Approach. **Remote Sens.** v. 5, p. 183 -201, 2013.

YAO, H. Characterizing landuse changes in 1990e2010 in the coastal zone of Nantong, Jiangsu province, China. **Ocean. Coast. Manag.** v. 71, p. 108 - 115. 2013.

YIYONG, Z.; JIANQIU, L.; YONGQING, F.; MIN, Z. Kinetics of alkaline phosphatase in lake sediment associated with cage culture of *Oreochromis niloticus*. **Aquaculture**, v. 203, p.23-32, 2001.

XU, W.; MORRIS, T. C.; B , SAMOCHA, T. M. Effects of C/N ratio on biofloc development, water quality, and performance of *Litopenaeus vannamei* juveniles in a biofloc-based, high-density, zero-exchange, outdoor tank system. **Aquaculture**, v. 453, p. 169–175, 2016.

CAPÍTULO III – AVALIAÇÃO ZOOTÉCNICA E ECONÔMICA DA CRIAÇÃO DE CAMARÃO MARINHO *Litopenaeus vannamei* EM DIFERENTES ESTRATÉGIAS DE MANEJO E DENSIDADES.

Este artigo foi submetido a revista Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, com o seguinte título: **Zootechnical and economical evaluation of the creation of marine shrimp (*Litopenaeus vannamei*) in different management strategies and densities).**

RESUMO: Objetivamos avaliar a viabilidade zootécnica e econômica na criação de camarão com três diferentes estratégias de manejo e densidades distintas 92 (M1), 14 (M2) e 8 (M3) cam.m⁻² e com tempo máximo de cultivo de 79 dias. As sobrevivências foram reduzidas em todos os tratamentos, provavelmente influenciadas pela doença da mancha branca e a elevada salinidade da água dos sistemas de criação, causando redução na produção e elevando o Fator de Conversão Alimentar Aparente (FCAA) em M1 e M2. Os Índices de Rentabilidade e Lucratividade foram significativamente inferiores no tratamento M1 quando comparado com M2 e M3. O cultivo com população inicial elevada (M1), ocasionou prejuízos econômicos e zootécnicos devido à sobrevivência reduzida, aos elevados FCAAs e a baixa biomassa individual e total produzida, tornando o sistema inviável economicamente. As taxas internas de retorno para M2 e M3 foram atrativas, gerando lucro e saldo positivo para o valor presente líquido. Os monocultivos de camarão com pequenas populações e infectados com mancha branca (M2 e M3), conseguiram garantir o retorno do capital investido. Esse retorno do capital, no entanto, somente ocorreu devido aos preços elevados praticados em 2016, caso contrário, preços menores pagos por quilo de camarão, inviabilizariam economicamente a atividade.

Palavras-chave: Carcinicultura, Indicadores, Mancha Branca, Sustentabilidade.

1. INTRODUÇÃO

Mundialmente a aquicultura está em franca expansão devido às crescentes preocupações quanto à disponibilidade de alimento para a população humana e por apresentar potencial de aumentar a resiliência do sistema alimentar global (Troell *et al.*, 2014; Olsen, 2015). De acordo com dados da Comissão de Organização Mundial da Saúde (FAO, 2014) entre 1980 e 2012, o volume de produção da aquicultura mundial aumentou a uma taxa média de 8,6% ao ano. Neste contexto, nos últimos anos a intensificação da aquicultura tornou-se uma prática comum em várias regiões, devido principalmente ao desenvolvimento de cultivos com elevadas populações estocadas, fertilizações intensivas, utilização de alimentação complementar e criação em sistemas multitróficos, no intuito de maximizar lucro a partir de uma unidade de área (Krishna, 2006; Bessa Junior *et al.* 2012; Simão *et al.* 2013; Henry-Silva *et al.*, 2015; Montalto *et al.*, 2017; Fonseca *et al.*, 2017).

Apesar da relevância da aquicultura no que se refere ao fornecimento de alimento para a população humana, é importante que a atividade esteja sempre em busca de técnicas de manejo que melhorem a eficiência da administração dos alimentos, da qualidade da água e dos solos, com trocas mínimas de água em cultivos intensivos, visando ainda à redução da poluição e o tratamento dos efluentes gerados, no intuito de almejar sustentabilidade econômica, social e ambiental da atividade (Henry-Silva e Camargo, 2008; Hargreaves, 2013; Vela-López *et al.*, 2014; Brito *et al.*, 2016; Moura, *et al.*, 2016; Araújo e Valenti, 2017).

Entre as atividades de aquicultura, a carcinicultura se desenvolveu no semiárido do Brasil, usando águas de poços rasos com baixa salinidade, e em áreas estuarinas. Esta região possui condições ambientais favoráveis para a criação de camarões, além de ter sido a pioneira em estudos técnicos que visaram à implantação e o desenvolvimento da atividade no país (Costa, 2005; Ribeiro *et al.*, 2014). A região nordeste do Brasil é responsável por aproximadamente 95% da produção nacional da carcinicultura, por possuir clima quente e favorável ao cultivo durante todos os meses do ano (Rocha *et al.*, 2004; Tahim e Araújo, 2014). Atualmente a criação do camarão marinho *Litopenaeus vannamei* é muito difundida em regiões estuarinas do estado do Rio Grande do Norte, apesar de em anos recentes ter sofrido perdas significativas em consequência do vírus da síndrome da mancha branca e doenças bacterianas (Guerrelhas e Teixeira, 2012), sendo que em várias regiões do mundo, esforços estão sendo feitos para prevenir e controlar esta doença, que é considerada um dos

patógeno mais prejudiciais na criação de camarão (Rubio-Castro *et al.*, 2016; Trejo-Flores *et al.*, 2016).

É importante ressaltar, que altas densidades populacionais de camarões e manejos alimentares com elevada quantidade de ração podem comprometer a sustentabilidade ambiental da carcinicultura, bem como deixar os organismos cultivados mais suscetíveis a doenças, além de poder ocasionar perdas econômicas com o aumento do fator de conversão alimentar e a diminuição da biomassa produzida gerando maiores custos de produção e afetando diretamente a rentabilidade das atividades de aquicultura (Björnsson, 1994; Natori *et al.*, 2011; Façanha, *et al.*, 2016). Neste contexto, objetivo deste trabalho foi avaliar o desenvolvimento econômico e zootécnico da criação do camarão marinho *L. vannamei* em diferentes estratégias de manejo no semiárido do estado do Rio Grande do Norte, Brasil.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

A pesquisa foi desenvolvida na empresa de carcinicultura conhecida como AQUARIUM AQUICULTURA DO BRASIL (5°11 "S, 37°20"W), localizada no município de Mossoró no estado do Rio Grande do Norte (Oeste do Estado). A fazenda localiza-se próxima ao estuário hipersalino do Rio Apodi/Mossoró, onde existe uma grande quantidade de salinas. A fazenda possui 800 hectares de área, distribuídos em 80 viveiros de engorda com tamanhos que variam de 0,26 a 2,6 há, onde são cultivados camarão marinho *L. vannamei*, com densidades que variam de 08 a 100 camarões.m⁻². A água de abastecimento dos viveiros é parcialmente retirada do rio Apodi/Mossoró e de poços subterrâneos (Fig. 1). De acordo com a classificação climática de Köppen, o clima da região é do tipo BSw^h, isto é, semiárido muito quente e com estação chuvosa no verão atrasando-se para o outono, apresentando temperatura média de 27,4°C, com precipitação pluviométrica anual média de 685,3 mm e com umidade relativa média do ar de 68,9%.

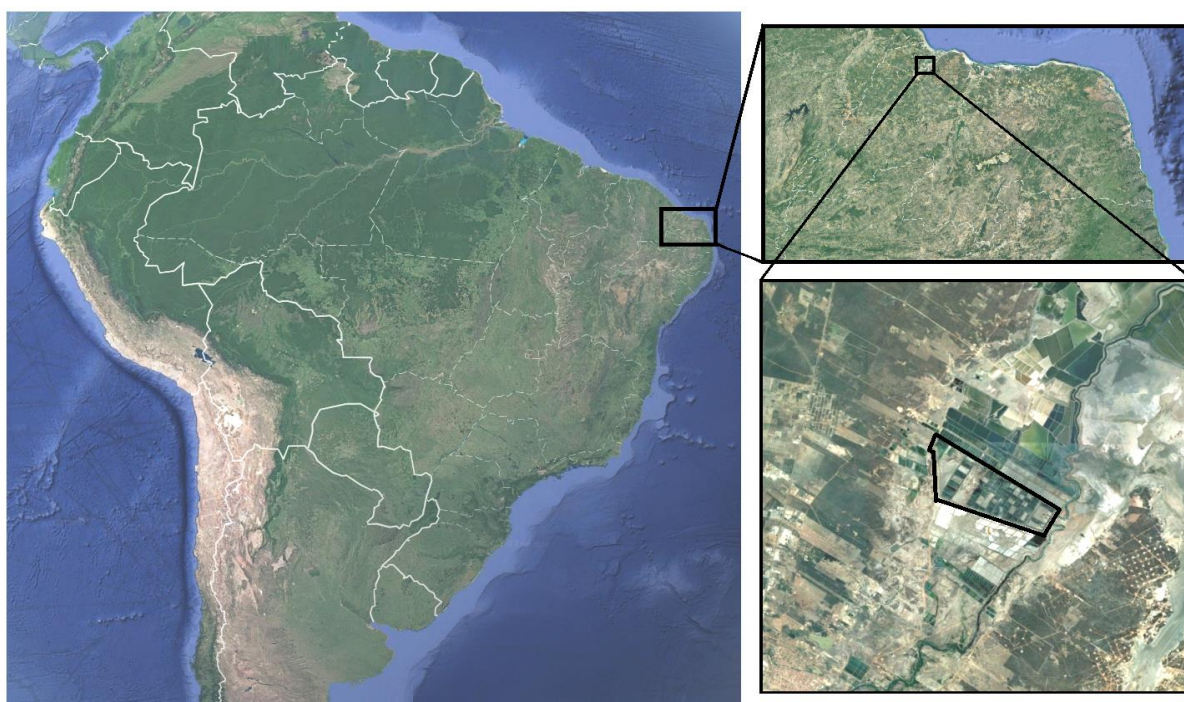


Figura 1. Localização da empresa AQUARIUM (5°11 "S, 37°20"W), com ênfase para a área de estudo.

2.2. Delineamento amostral

O experimento foi desenvolvido com um delineamento inteiramente casualizado, com três tratamentos. Cada tratamento foi constituído de quatro repetições, perfazendo um total de 12 unidades experimentais (viveiros), com áreas variando de 2600 a 26000 m², sendo que o tempo máximo dos experimentos foi de 79 dias, com coletas realizadas em intervalos de 15 dias perfazendo quatro períodos de coletas. Antecedendo o povoamento dos viveiros com as pós-larvas de *L. vannamei*, os mesmos foram esvaziados, desinfectados e mantidos um vazio sanitário por trinta dias, sendo que a biomassa média individual e inicial das pós-larvas usadas foi de 0,004 g (250 pls.g⁻¹). Foram definidos três tratamentos com características distintas de manejo e população inicial estocada.

Manejo 1 (M1): constituído por quatro viveiros povoados com uma densidade inicial 92 camarões.m⁻², sistema monofásico (pós-larvas colocadas diretamente nos viveiros de engorda), fertilização inicial que consistiu de uma mistura com 100 kg.ha⁻¹ de farelo de trigo, 30 kg.ha⁻¹ de nitrato de cálcio, 20 kg.ha⁻¹ de silicato e 20 kg.ha⁻¹ de melaço, e fertilizações de manutenção com a aplicações quinzenais de nitrato de cálcio, na proporção de 30 kg.ha⁻¹, e

semanal de melaço, na proporção de 10 kg.ha⁻¹. Manejo 2 (M2): constituído por quatro viveiros povoados com uma densidade inicial de 14 camarões.m⁻²), sistema monofásico e fertilização inicial semelhante ao M1, porém sem fertilizações de manutenção, ou seja, sem as aplicações quinzenal de nitrato de cálcio e semanal de melaço. Manejo 3 (M3): composto por duas fases distintas. A Fase 1 foi constituída por um viveiro tipo estufa estocado com 1.000 camarões.m⁻² por 30 dias, tipo raceway, coberto com lona com dimensões de 20x100 m onde as pós-larvas foram estocadas por um período de 30 dias. A fertilização inicial foi à base de uma mistura com 250 kg.ha⁻¹ de farelo de trigo, 45 kg.ha⁻¹ de nitrato de cálcio e 40 kg.ha⁻¹ de melaço, sendo adicionado ainda, 0,2 kg.ha⁻¹ de probiótico (cultura única ou mista de microorganismos vivos) constituídos de *Bacillus* spp. e *Lactobacillus* sp, previamente ativado em caixas de 1.000 litros por 24 hs com melaço e água do próprio viveiro. Semanalmente foi inoculado probiótico na quantidade 0,1 kg.ha⁻¹ e melaço 20 kg.ha⁻¹ (quantidades sugeridas por Avnimelech (2009), para manter uma relação C/N acima de 10). Na segunda fase, os juvenis de *L. vannamei*, com biomassa média individual de 0,98±0,05 g, foram despesados e estocados em quatro viveiros de engorda, cada um com uma densidade inicial de 8 camarões.m⁻²). Cada um dos viveiros foi fertilizado inicialmente com 30 kg.ha⁻¹ de nitrato de cálcio e 100 kg.ha⁻¹ de calcário dolomítico. Fertilizações semanais foram realizadas utilizando 10 kg.ha⁻¹ de nitrato de cálcio até a despesca.

O arraçoamento para os três tratamentos consistiu na oferta de ração através do método de voleio. Três tipos de rações comerciais com diferentes composições foram utilizados durante o experimento (Tab. 1). Fase 1: ração usada desde o povoamento até 10 dias de cultivo. Fase 2: ração usada logo após a fase 1 até o camarão atingir 3 g. Fase 3 (ração de engorda), utilizada a partir de 3 g até a despesca. Durante o experimento, os camarões foram alimentados inicialmente quatro vezes ao dia, sendo ofertado a 10% da biomassa até os indivíduos atingirem cerca de 1g. A partir desse momento a taxa de alimentação foi gradativamente reduzida até 2% da biomassa no final do experimento, sendo ofertada em duas refeições diárias. Não foi realizada a quarta coleta no tratamento M3 em função da antecipação da despesca. O tempo de cultivo para os tratamentos M1, M2 e M3 foram de 63, 79 e 51 dias, respectivamente.

Tabela 1. Caracterização das rações comerciais utilizadas no cultivo.

Fase	PB (%)	P (%)	E.E (%)	Granulometria (mm)
Fase 1	40	1,3	0,9	0,54 a 1,0
Fase 2	40	1,3	0,9	1,0 a 1,8
Fase 3	35	0,9	0,8	2,5

PB – Proteína bruta, P – Fósforo e E.E. – Extrato etéreo

2.3. Variáveis limnológicas

As variáveis físico-químicas: transparência, salinidade, temperatura, pH e oxigênio dissolvido (OD) foram mensuradas quinzenalmente, totalizando ao longo do cultivo quatro coletas. As medições foram realizadas as 7:00 e as 18:00 hs. Foi utilizado um disco de Secchi e um multisensor de parâmetro de qualidade da água (HORIBA U-50). Todas as coletas foram realizadas próximas às comportas de drenagem dos viveiros no período diurno e noturno, sendo as 07h00min e 18h00min, respectivamente.

2.4. Análise do vírus da síndrome da mancha branca (WSSV)

Visando identificar a presença ou ausência do vírus da Mancha Branca (white spot syndrome vírus - WSSV) nos tratamentos, foram coletados, no final do experimento, 20 camarões de cada tratamento para a realização das análises molecular, para isso foram retiradas amostras dos pleópodos dos camarões cultivados (*L. vannamei*). O método utilizado foi análise quantitativa por qPCR em tempo real utilizando o sistema de detecção TaqMan PCR (Life technologies®) e a plataforma ABI 7500 (Applied Biosystem®) para a detecção e quantificação dos vírus da síndrome da mancha branca (WSSV). Foram coletadas e analisadas amostras de todos os tratamentos. As análises foram realizadas no Centro de Diagnóstico de Enfermidades de Organismos Aquáticos - CEDECAM do Instituto de Ciências do Mar – LABOMAR da Universidade Federal do Ceará.

2.5. Variáveis zootécnicas

Semanalmente foram capturados com tarrafas com malhas de 8 a 10 mm aproximadamente 10% dos animais dos viveiros, com o intuito de realizar as biometrias e quantificar os parâmetros zootécnicos. O ganho de massa foi calculado pela diferença entre a biomassa individual atual e a biomassa individual da pesagem anterior. A sobrevivência, medida em percentual, foi calculada com base na quantidade de animais despescados dividido pelo número de indivíduos estocados e multiplicado por cem. A produção foi obtida por meio da soma de biomassa, em quilos, de todos os animais despescados e extrapolada para a área de um hectare. O Fator de Conversão Alimentar Aparente (FCAA) foi calculado de acordo com ração total ofertada dividido pela soma das biomassas finais dos camarões.

2.6. Variáveis econômicas

As análises de custos foram do tipo *ex-post*, ou seja, custos calculados ao final do ciclo produtivo. Os dados dos preços pagos pelos insumos e víveres foram obtidos junto às instituições privadas, produtoras específicas de cada produto. Os dados dos preços praticados na comercialização em função da gramatura final dos animais foram obtidos por meio de entrevista informal junto à empresa Aquarium, que comercializa suas produções com preços praticados nos estados do Rio Grande do Norte e Ceará. A modalidade de custo analisada neste trabalho corresponde aos gastos totais por hectare/ano de área cultivado (Custo Total Operacional - CTO), abrangendo os custos fixos e os custos variáveis.

Foram consideradas como medidas de resultado econômico os seguintes itens: Receita Bruta (RB), que corresponde ao valor da produção obtida por hectare a preço pago ao produtor na região no ano de 2016; Lucro Operacional (LO), que corresponde a diferença entre a Receita Bruta (RB) por hectare e Custos Totais Operacionais (CTO) envolvidos na obtenção da mesma; Índice de Rentabilidade (IR), que é a receita bruta (RB) dividido pelos custos totais operacionais (CTO), ou seja, quanto o produtor obterá com receita bruta correspondente a cada um real aplicado em custo operacional e o Índice de Lucratividade (IL), que apresenta quanto o produtor poderá lucrar com cada um real de receita bruta (RB) e que é calculado dividindo-se o LO pela RB. Foram calculados ainda a Relação Renda Investimento (RRI), mede a renda gerada por unidade de capital investido; Taxa Interna de Retorno (TIR), é a taxa de juros que torna o valor presente das entradas de caixa igual ao

valor presente das saídas de caixa do projeto de investimento; Período de Retorno do Capital (PRC) ou Payback, é um indicador que mensura a atratividade do negócio ao mostrar qual o período necessário para que o investidor recupere todo o capital que investiu; Relação Benefício Custo (RBC), relaciona os benefícios de um projeto ou proposta e o seus custos; Valor Presente Líquido (VPL), é a fórmula matemático-financeira capaz de determinar o valor presente de pagamentos futuros descontados a uma taxa de juros apropriada, menos o custo do investimento inicial; Diversidade do Produto (DP), número de produtos oferecidos pelo empreendimento e Diversidade de Mercado (DM), número de mercados que absorvem a produção.

2.7. Análise dos dados

Para testar a normalidade e a homocedasticidade dos resultados relacionados às variáveis limnológicas, zootécnicas e econômicas, foram utilizados os testes de D'Agostinho e de Bartlett, respectivamente. Para as variáveis que apresentaram distribuição normal e variância homogênea foi aplicada Análise de Variância (ANOVA one-way) e a posteriori o teste de Tukey, que identificou diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os tratamentos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Variáveis limnológicas

A temperatura da água esteve dentro dos limites considerados adequados para a criação de camarões (Valenti, 1985), ou seja, com valores médios variando de 28,5 a 29,0 °C (Tab. 2). Entretanto, é importante destacar que de acordo com Trejo-Flores *et al.*, (2016), intervalos de temperatura entre 28 e 30 °C tendem a favorecer infecção do camarão pela mancha branca. Os valores médios de OD ficaram entre 5,6 e 7,2 mg.L⁻¹, próximos aos encontrados por Krishna (2015), que trabalhou com densidades iniciais de estocagem variando de 40 a 80 cam.m⁻², obtendo valores médios de OD entre 4,6 e 6,2±1,2 mg.L⁻¹ (Tab. 2). Em relação aos valores médios de salinidade, pôde-se constatar que os mesmos foram elevados em todos os tratamentos (41,8 em M1; 46,0 em M2 e 61,1 em M3) (Tab. 2). A salinidade ideal para cultivo do *L. vannamei* é de 15 e 25 g.L⁻¹ e o ponto de equilíbrio osmótico para essa espécie é 24,7 g.L⁻¹ (BOYD, 1999). Estes valores elevados de salinidade provavelmente se devem a

localização dos viveiros de carcinicultura, que ficam próximos à região estuarina do Rio Apodi/Mossoró e que por sua vez recebem efluentes de salinas.

Tabela 2. Valores médios e desvios padrão das variáveis limnológicas da água de cultivo do *L. vannamei* com diferentes tratamentos, letras distintas indicam diferenças significativas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Variáveis Limnológicas	Tratamentos		
	M1	M2	M3
Transparência (cm)	31,2±8,6 ^a	33,7±3,1 ^a	33,2±1,1 ^a
Salinidade (g.L ⁻¹)	41,8±1,4 ^a	46,0±1,6 ^a	61,1±0,9 ^b
Temperatura (°C)	28,9±0,2 ^a	29,0±0,6 ^a	28,5±0,1 ^a
pH	8,4±0,1 ^a	8,4±0,1 ^a	7,8±0,2 ^a
Oxigênio Dissolvido (mg.L ⁻¹)	7,2±0,7 ^a	5,6±1,2 ^a	7,0±0,8 ^a

3.2. Análise do Vírus da Síndrome da Mancha Branca (WSSV)

Os resultados das análises das amostras de camarões dos três tratamentos M1, M2 e M3 revelaram a presença do vírus da síndrome da mancha branca em 100% das amostras (Tab. 3). Guertler *et al.* (2013) registraram uma carga viral elevada de $5,6 \times 10^6$, que resultou em 100% de mortalidade da população de camarão nos primeiros cinco dias de cultivo. A temperatura da água dos viveiros pode ter auxiliado na manifestação da doença, pois vários autores citam que em temperaturas variando entre 22 e 30°C foram registradas mortalidades massivas atribuídas ao WSSV (Fegan e Clifford, 2001; Sonnenholzner *et al.*, 2002; Centro de Investigaciones Biológicas del Nordeste, 2008; Costa *et al.*, 2010; Rubio-Castro *et al.*, 2016; Trejo-Flores *et al.*, 2016).

Tabela 3. Carga viral de WSSV obtida através da análise molecular das amostras dos pleópodos dos camarões cultivados (*L. vannamei*), analisadas pelo método quantitativa por qPCR em tempo real.

	WSSV	
	DNA viral	Carga viral (cópias/ μ g de DNA)
M1 – amostra 01	Detectado	$1,39 \times 10^2$
M2 – amostra 01	Detectado	$8,43 \times 10^1$
M3 – amostra 01	Detectado	$4,59 \times 10^1$
	Percentual de detecção	100%

3.3. Variáveis zootécnicas

Os valores médios de sobrevivências para os tratamentos M1, M2 e M3 foram de 42,9%, 12,2% e 39,3%, respectivamente (Fig. 2). Não foram constatadas diferenças significativas entre os tratamentos M1 e M3. Já em M2 a sobrevivência foi significativamente inferior às observadas em M1 e M3. A salinidade elevada, provavelmente em função do período de estiagem na região e a grande concentração de salinas próximas ao local de criação pode ter sido uma das causas da baixa sobrevivência dos camarões em todos os tratamentos. Decamp *et al.* (2003), obtiveram sobrevivências de 94%, cultivando *L. vannamei* com salinidade de 36 g.L^{-1} e Maia *et al.*, (2016) identificaram sobrevivências de 84%, trabalhando com densidades de 98 cam.m^{-2} em salinidade de 22 g.L^{-1} , ou seja, salinidades menores das registradas neste trabalho. Os resultados de Azevedo *et al.* (2013) corroboram que em salinidades mais baixas a sobrevivência dos camarões tende a ser mais elevada, pois trabalhando com 300 cam.m^{-2} cultivados em salinidade inferior a 5 g.L^{-1} , os autores obtiveram sobrevivência média acima de 83%. Outro fator que pode ter contribuído para a elevada mortalidade foi à constatação do vírus da mancha branca em 100% das amostras analisadas. Trejo-Flores *et al.*, (2016) obtiveram sobrevivências semelhantes (50%) a encontradas nesse trabalho, uma vez identificada a contaminação de *L. vannamei* por esse patógeno.

Diferenças significativas do FCAA foram encontradas entre todos os tratamentos, sendo que o valor em M1 (2,95/1) foi significativamente superior aos valores observados nos tratamentos M2 (1,44/1) e M3 (0,22/1) (Fig.2). A sobrevivência média de apenas 42,9% associada ao excesso de ração ministrada durante todo o cultivo em M1 pode ter contribuído para valores mais elevados de FCAA. Já a sobrevivência reduzida de 12,2% em M2 provavelmente foi o principal fator que contribuiu para um FCAA significativamente superior em comparação a M3. Um dos motivos que pode ter proporcionado um FCAA

significativamente inferior em M3, pode estar relacionado à estratégia de manejo adotada, que favoreceu o crescimento compensatório dos camarões, causado pelas diferenças de densidades ao transferir os indivíduos de um ambiente de cultivo para outro, ou seja, passando da fase 1 (berçário), com 1.000 cam.m⁻², para a fase dois (viveiro de engorda) com 8 cam.m⁻². Sookying e Davis (2011) e Brito *et al.*, (2016) que trabalharam com diferentes estratégias de manejo alimentar no cultivo do *L. vannamei* com elevadas populações iniciais estocadas, obtiveram FCAA de 1,31 e sobrevivência de 94%, superior as encontradas neste trabalho, comprovando assim que, quanto mais elevada a sobrevivência maior será a biomassa total, reduzindo consequentemente o FCAA.

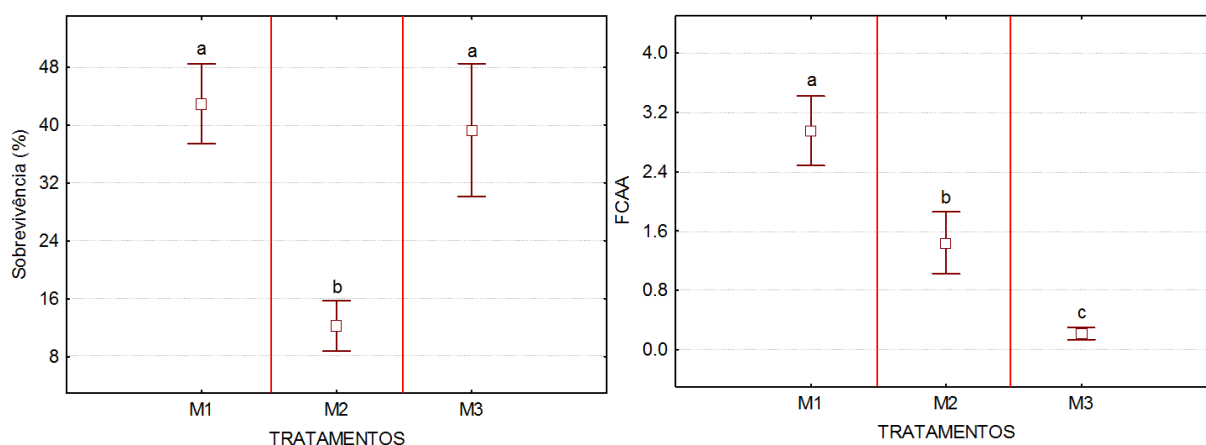


Figura 2. Valores médios e desvios padrão do Fator de Conversão Alimentar Aparente - FCAA e da sobrevivência média dos camarões *L. vannamei* nos diferentes tratamentos. Letras distintas indicam diferenças significativas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Os tratamentos M1, M2 e M3 apresentaram biomassa individual média final de 6,3±0,38 g (65 dias de cultivo) 9,4±1,88 g (79 dias de cultivo) e 6,9±0,51 g (51 dias de cultivo), respectivamente (Fig. 3). Não foram constatadas diferenças significativas entre as biomassas individuais finais de *L. vannamei* entre os tratamentos M1 e M3 (Fig. 3). A biomassa individual final de *L. vannamei* em M2 foi significativamente superior em relação aos demais tratamentos, provavelmente em decorrência da sobrevivência baixa, pois quanto menor a população de camarão, menor a competição por espaço e/ou por alimento, que tende a favorecer uma biomassa individual final mais elevada dos indivíduos. De fato, Bessa Junior *et al.* (2012) e Simão *et al.* (2013) também constataram que quanto menor a população final dos camarões, maior será a biomassa individual final dos indivíduos.

Ao final dos cultivos, os valores médios de biomassa total foram de 651,9 kg.ha⁻¹ em M1, 332,2 kg.ha⁻¹ em M2 e de 219,0 kg.ha⁻¹ em M3. Não foram verificadas diferenças significativas entre as biomassas totais dos camarões em M2 e M3, no entanto a biomassa total em M1 foi significativamente superior em relação aos demais tratamentos (Fig. 3). Os valores significativamente superiores de biomassa total de *L. vannamei* em M1 provavelmente decorreu da densidade de estocagem inicial mais elevada (98 cam.m²) se comparadas as densidades de estocagem nos tratamentos M2 (14 cam.m²) e M3 (8 cam.m²). No entanto, apesar da densidade de estocagem inicial em M1 ter sido sete vezes maior que em M2 e aproximadamente 13 vezes maior que em M3, os valores finais de biomassa total em M1 foram apenas cerca de duas e três vezes maiores que os valores constatados em M2 e M3, respectivamente. Maia *et al.* (2016), estocaram camarões com densidade semelhante a M1 (98 cam.m⁻²) e obtiveram biomassa final média de 8.875 kg.ha⁻¹ com sobrevivência média de 84%, sendo os camarões despescados com uma biomassa individual final de 11,3 g, confirmando assim que, Isso corrobora que quanto maior a sobrevivência e a biomassa individual dos animais despescados, maior será a biomassa total produzida.

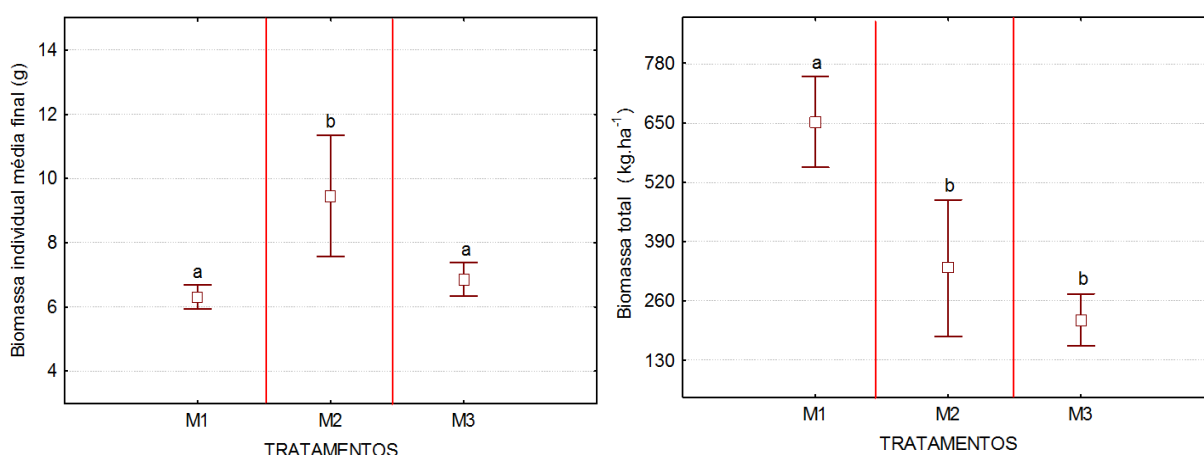


Figura 3. Valores médios e desvios padrão da biomassa individual média e total dos camarões *L. vannamei* nos diferentes períodos e tratamentos durante o cultivo. Letras distintas indicam diferenças significativas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

3.4. Variáveis econômicas

As análises econômicas foram baseadas em dados obtidos com a produção e os preços praticados no comércio. Os valores médios, pagos por kg de camarão aos produtores durante a

comercialização do produto final, são referentes ao ano de 2016 (Tab. 4). Os preços médios praticados no estado do Rio Grande do Norte e Ceará foram elevados em função da baixa oferta do camarão, causados pela reduzida produtividade das carciniculturas localizadas em ambos os estados no ano de 2016, provavelmente pelo surto da mancha branca. Os valores médios pagos foram de R\$ 21,00 a R\$ 25,00 para os camarões dos tratamentos M1 e M3 e de R\$ 25,50 a R\$ 30,00 para os camarões do tratamento M2 (Tab. 4). A diferença de preço do kg de camarão para os diferentes tratamentos está em função da biomassa individual média final.

Tabela 4. Preços médio de comercialização dos camarões praticados no mercado do Rio Grande do Norte e Ceará no ano de 2016.

Classificações (g)	6,5-8,5	8,6-10,5	10,6-12,5	12,6-14,5	14,6-16,5
Preço (R\$)	21,00 a 25,00	25,50 a 30,00	30,50 a 34,00	34,50 a 36,00	36,50 a 38,00

Fonte: Pesquisa com produtores locais.

A Receita Bruta – RB registrada no tratamento M1 foi significativamente superior a M2 e M3, registrando uma receita de R\$ 74.299,50 (Fig. 4). Não foram verificadas diferenças significativas das RB para M2 (R\$ 42.892,50) e M3 (R\$ 40.013,13). Para os Custos Totais Operacionais - CTO, todos os tratamentos apresentaram diferenças significativas, sendo M1 (R\$ 205.968,55) significativamente superior a M2 (R\$ 25.526,83) e M3 (30.638,93). Em M2 os CTOs foram significativamente inferiores a M3 (Fig. 4). Os valores de RB e CTO elevados em M1, provavelmente foram em função da população inicial, tempo de cultivo e elevado FCAA, pois custos com rações e pós-larvas podem comprometer em até 60 % dos custos de produção (Bessa Junior, *et al.*, 2012; Sanches, *et al.*, 2013). Em qualquer sistema de produção, a comercialização deve se dar de forma que as receitas superem o capital investido. Neste contexto, custos operacionais elevados inviabilizam o rendimento líquido máximo dos sistemas de cultivo, necessitando um aumento nos preços de venda e/ou redução nos custos de produção (Valderrama e Engle, 2002; Costa, 2008; Sanches *et al.*, 2014; Bezerra, 2017). Shang e Merola (1987) ressaltam que o aumento da biomassa individual, atrelada à sobrevivência, são estratégias para minimizar o custo de produção por unidade de peso, aumentando o retorno do capital investido. Em M3 os elevados valores de CTO pode ter sido em função da estratégia de manejo, que utilizou estufa (raceway) para produzir uma pós-larva maior (1,0 g) tornando os custos com as mesmas (R\$ 36,00.mil⁻¹) superiores a M2 (R\$ 8,50.mil⁻¹). É importante destacar, que pesquisas adicionais na produção de camarão em

raceway são necessárias para melhorar a tecnologia superintensiva e reduzir custos com a produção (Samocha *et al.*, 2011).

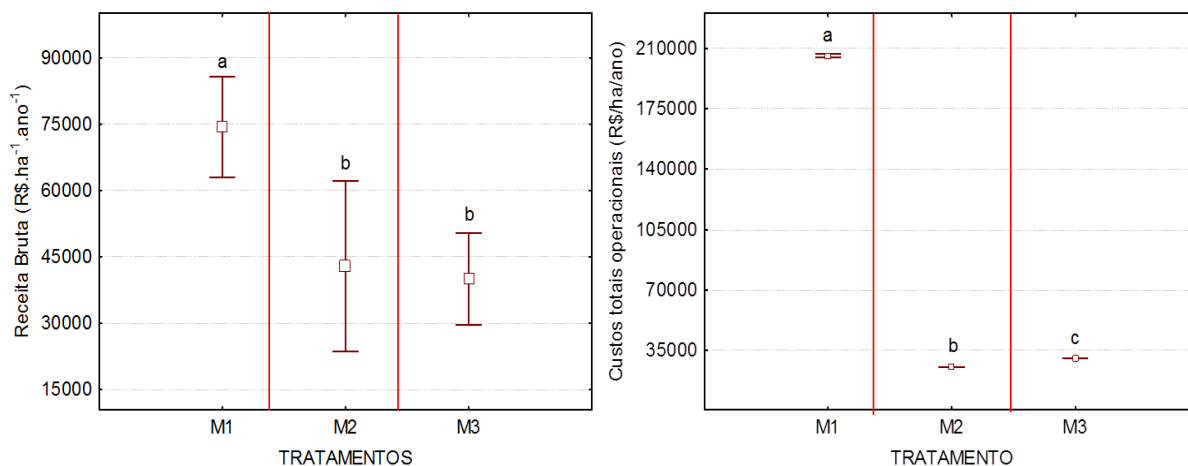


Figura 4. Valores médios e desvios padrão da Receita Bruta - RB e dos Custos Totais Operacionais - CTO no cultivo do *L. vannamei* nos diferentes tratamentos. Letras distintas indicam diferenças significativas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Os custos por kg de camarão produzido em M1, M2 e M3 foram de R\$ 58,74, R\$ 17,85 e R\$ 19,14, respectivamente (Tab. 5), em função do elevado custo em M1, o preço pago por kg de camarão desse tratamento não cobre os custos operacionais, inviabilizando economicamente a atividade. Já os tratamentos M2 e M3, em função do menor custo operacional, podem gerar lucros que variam de R\$ 17.365,67 e R\$ 9.374,20.ha⁻¹.ano⁻¹, respectivamente. O menor lucro.kg⁻¹ em M3 foi em função dos custos com o manejo no raceway.

Tabela 5. Valores médios de produção por ha/ano, lucro e custos R\$/kg na produção do camarão marinho *L. vannamei* em diferentes tratamentos, para se gerar lucro ou prejuízo em função da produção.

	PRODUÇÃO MÉDIA	LUCRO	CUSTO
Tratamentos	(kg/há/ano)	(R\$/kg)	(R\$/kg)
M1	3506,64	-R\$ 37,46	R\$ 58,74
M2	1429,75	R\$ 12,15	R\$ 17,85
M3	1600,53	R\$ 5,86	R\$ 19,14

Não se verificou diferença significativa da Taxa Interna de Retorno – TIR, para os tratamentos M2 (33,7% aa) e M3 (28,8% aa), ou seja, valores mais elevados que a taxa básica de juros – SELIC (13,6% aa), demonstrando a viabilidade econômica dessa atividade quando praticada com cultivos menos adensados. Em M1 não se verificou a TIR em função dos lucros se apresentarem negativos (Tab. 6). Os valores médios da TIR encontrados em M2 e M3 foram mais elevados que os encontrados por Bezerra (2017), identificando TIR de 21,48 % para um cenário de investimentos sem financiamento e próximos aos encontrados por Sanches *et al.*, (2014) no cultivo do Robalo-Flecha, onde identificaram TIR de 28%.

O Valor Presente Líquido – VPL em M1 foi negativo, pois o valor presente de pagamentos futuros, descontados a uma taxa de juros de 8,5% ao ano não se pagaram e acumularam prejuízos. Sanches *et al.*, (2013) citam que se a subtração do valor atual dos benefícios do valor atual dos custos ou desembolsos for positiva, o investimento é considerado financeiramente viável, dessa forma, apenas os tratamentos M2 e M3 foram considerados viáveis economicamente, sendo que em M3 o VPL foi menor (Tab. 6), devido ao investimento em estufa que teve como intuito produzir camarões com biomassa individual maior e provavelmente mais resistentes ao Vírus da Mancha Branca. Os fatores que mais afetam para mais ou para menos o VPL, são os custos com investimentos, formas jovens e rações (Costa, 2008; Sanches *et al.*, 2014). Em M3 o lucro foi inferior a M2 em aproximadamente 46% (Tab. 6), isso em função do custo de produção da pós-larva e da biomassa individual média final. Nos três tratamentos, a diversidade de produto foi baixa (1,0) em função do sistema de cultivo (monocultivo). Já a diversidade de mercado (6,0) foi considerada alta, pois a produção foi comercializada em vários estados, principalmente São Paulo, Distrito Federal, Santa Catarina, Pernambuco, Ceará e Rio Grande do Norte (Tab. 6). O Período de Retorno do Capital - PRC, em anos para o tratamento M1, foi negativo em função do Valor Presente Líquido - VPL, onde o mesmo se mostrou impagável para um fluxo de caixa com projeção para vinte anos, considerando os investimentos e custos operacionais, a dívida acumulada pode chegar a R\$ 2.697.770,52. O PRC em M3 (6,34 anos) foi menor que M2 (8,61 anos) provavelmente em função do tempo de cultivo, possibilitando um maior número de ciclos por ano (Tab. 6). Os valores de PRC encontrado nesta pesquisa foram mais elevados que os encontrados por Bezerra (2017), onde constatou PRC menor que o encontrado em M3, ou seja, 4,38 anos. É importante destacar, que algumas atividades de aquicultura garantem o retorno do capital em menos de quatro anos, pois Sanches *et al.* (2014) observaram que o PRC no cultivo do Robalo-Flecha foi de três anos, ou seja, retorno

do investimento bem mais rápido do que o constatado no presente trabalho. Os PRC elevados em M2 e M3 podem estar associado a reduzida biomassa final produzida, refletindo na RB menor, dessa forma, o tempo para o retorno do capital se torna maior.

Tabela 6. Valores obtidos para indicadores de sustentabilidade econômica do cultivo de (*L. vannamei*) nos diferentes tratamentos.

INDICADORES		M1		M2		M3	
1	Receita Bruta (R\$)	R\$	74 299,50	R\$	42 892,50	R\$	40 013,13
2	Custo Total Operacional	R\$	205 968,55	R\$	25 526,83	R\$	30 638,93
3	Relação Renda Investimneto	-R\$	1,38	R\$	0,53	R\$	0,44
4	Taxa Interna de Retorno (%)				33,70		28,89
5	Período de Retorno do Capital (anos)	-	0,82		8,61		6,34
6	Relação Benefício Custo	-R\$	12,80	R\$	3,41	R\$	2,23
7	Valor Presente Líquido	-R\$	1 283 297,86	R\$	121 084,48	R\$	38 270,21
8	Lucro	-R\$	131 364,95	R\$	17 375,33	R\$	9 374,20
9	Lucro (%)	-	177		40		23
10	Índice de Rentabilidade		0,36		1,68		1,31
11	Índice de Lucratividade	-	1,82		0,33		0,32
12	Diversidade de Produtos		1,00		1,00		1,00
13	Diversidade de Mercado		6,00		6,00		6,00

Os Índices de Rentabilidade (IR) e Lucratividade (IL) foram significativamente inferiores no tratamento M1 quando comparado com M2 e M3 (Fig. 5), provavelmente em função dos elevados CTO impulsionado pelos valores médios significativamente superiores de FCAA. Não se verificou diferenças significativas para esses índices entre os tratamentos M2 e M3. Os IR foram de 1,68 e 1,31 para M2 e M3, respectivamente, demonstrando a viabilidade da atividade uma vez que esses índices demonstram quanto se pode gerar em RB para cada um real (R\$ 1,00) investido em CTO. Os índices de lucratividade (IL) foram positivos para os tratamentos M2 (0,33) e M3 (0,32), pois para cada R\$ 1,00 gerado na forma de receita foram verificados lucros de R\$ 0,33 e R\$ 0,32, respectivamente. IL mais elevado foi identificado por Bezerra (2017), registrando valor de 1,52. No entanto, este valor foi menor do que o encontrado por Campos e Campos (2006), que identificaram IL de 9,4, ou seja, índice muito superior ao encontrado no presente trabalho, demonstrando que elevadas populações iniciais podem inviabilizar economicamente a carcinicultura, especialmente na presença do vírus da mancha branca.

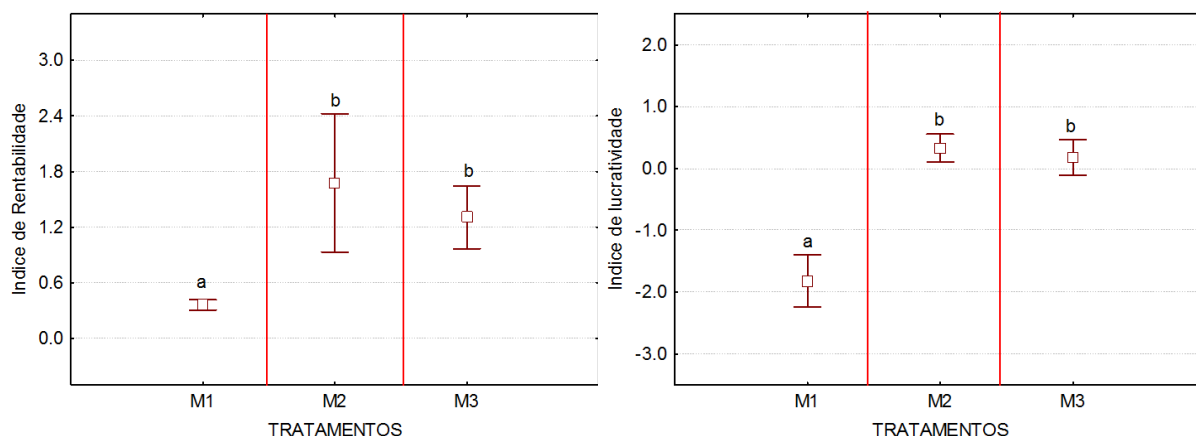


Figura 5. Valores médios mais desvio padrão do Índice de rentabilidade (IR) e lucratividade (IL) gerado no cultivo do *L. vannamei* nos diferentes tratamentos. Letras distintas indicam diferenças significativas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

4 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

A atividade de carcinicultura marinha no semiárido nordestino passa por um período crítico em função da invasão de patógenos, tais como o vírus da mancha branca, e pelo longo período de estiagem que a região está submetida nos últimos cinco anos. Produtores vêm buscando alternativas para tornar a atividade viável economicamente, empregando diferentes estratégias de manejo e reduzindo as populações de camarões estocadas, com o intuito de inibir manifestações de doenças diminuindo o tempo de cultivo, gerando mais ciclos e receitas por ano. Neste contexto, constatamos no presente trabalho que os cultivos adensados com elevadas populações iniciais, como no tratamento M1, geram prejuízos econômicos e zootécnicos em função da sobrevivência reduzida, dos elevados FCAAs e da baixa biomassa individual e total produzida, se configurando em uma atividade insustentável. A pesquisa demonstrou que o monocultivo de camarão quando realizado com pequenas populações de camarões e submetido ao vírus da mancha branca, como constatado nos tratamentos M2 e M3, ainda consegue garantir o retorno do capital investido em um período de seis a oito anos. Devemos salientar ainda que esse retorno do capital em se deve aos preços praticados no mercado para o ano de 2016, caso contrário, preços menores pagos por kg de camarão, poderiam tornar esses cultivos inviáveis economicamente. Conclusivamente, no atual cenário da atividade de carcinicultura, cultivos praticados com a utilização de menores populações iniciais com intuito de se produzir animais com biomassas individuais médias finais maiores,

tendem a gerar mais lucros em função do menor tempo de cultivo, maior número de ciclos por ano e preços mais elevados pago a camarões maiores.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, M. C. ; VALENTI, W. C. . Effects of feeding strategy on larval development of the Amazon River prawn *Macrobrachium amazonicum*. **Revista Brasileira de Zootecnia-Brazilian Journal of Animal Science**. v. 46, p. 85-90, 2017.

AVNIMELECH, Y. Biofloc Technology: A Practical Guide Book. **World Aquaculture Society**, Baton Rouge, LA, USA. 2009.

AZEVEDO, C. M. S. B.; SALES, R. B. S.; ARRUDA, A. M. V.; SIMÃO, B. R.; BRITO, L. O. 2013. Desempenho do camarão *Litopenaeus vannamei* em sistema sem renovação de água com diferentes níveis de proteína bruta e adição de melaço. **Arquivos de Ciências do Mar**. v. 46, p. 40-46, 2013.

BESSA JUNIOR, A.P.; AZEVEDO, C.M. da S.B.; PONTES, F.S.T.; HENRY-SILVA, G.G. Polyculture of Nile tilapia and shrimp at different stocking densities. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.41, p.1561-1569, 2012.

BEZERRA, M. A. **Indicadores de sustentabilidade na aquicultura brasileira: um estudo de caso na carcinicultura marinha no estado do Ceará**. 2017. 167f. Tese (Doutorado em Ciências Marinhas Tropicais) - Instituto de Ciências do Mar da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

BJÖRNSSON, B. Effects of stocking density on growth rate of halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) reared in large circular tanks for three years. **Aquaculture**, v.123, p.259-270, 1994.

BRITO L. O.; CHAGAS, A. M.; SILVA, E. P.; SOARES, R. B. et al. Water quality, Vibrio density and growth of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone) in an integrated biofloc system with red seaweed *Gracilaria birdiae* (Greville). **Aquaculture Research**, v. 47, p. 940-950, 2016.

BOYD, C.E. **Codes of practices for responsible shrimp farming**. St. Louis/USA: Global **Aquaculture Alliance**, 1999, 48p.

CAMPOS, K. C.; CAMPOS, R. T. Alternativa econômica para o novo rural do Nordeste brasileiro: o cultivo do camarão *Litopenaeus vannamei* em água doce. **Revista GEPEC**, vol. 10, nº 02, p. 40-53. 2006.

CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS DEL NORDESTE. Resumen ejecutivo del informe final del proyecto Programa Integral de Sanidad Acuicola en Camarón. La Paz: **CIBNOR**, 2008. p. 33.

COELHO, M. A. S. Análise de custo/volume/lucro e investimentos em carcinicultura de pequeno porte. **Custos e @gronegocio on line**, 2005. Disponível em: <www.custoseagronegocioonline.com.br>. Acessado em: 25 out. 2011.

COSTA, S. W.; VICENTE, L. R. M.; SOUZA, T. M.; ANDREATTA, E. R. et al. Parâmetros de cultivo e a enfermidade da mancha-branca em fazendas de camarões de Santa Catarina. **Pesq. agropec. bras.**, v.45, n.12, p.1521-1530, 2010.

COSTA, F. S. **Avaliação econômica do sistema de policultivo de camarões marinhos (*Litopenaeus vannamei*) com tilápia (*Oreochromis niloticus*) em diferentes densidades de estocagem**. 2008. 30 f. (Dissertação do curso de pós graduação em Aquicultura do Centro de Ciências Agrárias) Universidade de Santa Catarina, Florianópolis.

COSTA, J.E.L. **A carcinicultura na região de Mossoró**. 2005. 56f. Monografia (Especialização em Carcinicultura) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró/RN.

DECAMP, O.; CODY, J.; CONQUEST, L.; DELANOY, G.; et al. Effect of salinity on natural community and production of *L. vannamei* (Boone), within experimental zero-water exchange culture systems. **Aquaculture Research**, v. 34, p. 345-355, 2003.

FAÇANHA, F. N.; OLIVEIRA-NETO, A. R.; FIGUEIREDO-SILVA, C.; NUNES, A. J. P. Effect of shrimp stocking density and graded levels of dietary methionine over the growth performance of *Litopenaeus vannamei* reared in a green-water system. **Aquaculture**, v. 463, p. 16-21, 2016.

FAO, OECD-FAO. Agricultural Outlook, OECD Publishing, Paris, 2014.

FEGAN, D.F.; CLIFFORD III, H.C. Health management for viral diseases in shrimp farms. In: Special session on sustainable shrimp culture, aquaculture, Baton Rouge. Proceedings Baton Rouge, **The World Aquaculture Society**, p.168-198. 2001.

FONSECA, T.; DAVID, F. S. ; RIBEIRO, F. A. S. ; WAINBERG, A. A. et al. Technical and economic feasibility of integrating seahorse culture in shrimp/oyster farms. **Aquaculture Research**, v. 48, p. 655-664, 2017.

GUERRELHAS, A. C. B. & TEIXEIRA, A. P. Panorama da situação da Mancha Branca no Nordeste. **Panorama da Aquicultura**, v. 22, n.129, p. 38-41, 2012.

GUERTLER, C.; RIEG, T.; MEJIA-RUIZ, C. H.; LEHMANN, M. *et al.* Hemograma e sobrevivência de camarões marinhos após silenciamento do WSSV por RNA de interferência. **Pesq. agropec. bras.**, v.48, n.8, p.983-990, 2013.

HARGREAVES J. A. Biofloc Production Systems for Aquaculture. **Southern Regional Aquaculture Center –SRAC** Publication. v. 450, 2013.

HENRY-SILVA, G.G.; MAIA, C.S.P.; MOURA, R.S.T.; BESSA JUNIOR, A. P. et al. Integrated multi-trophic culture of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and Amazon river

prawn (*Macrobrachium amazonicum*) in brackish water. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 67, p. 265-273, 2015.

HENRY-SILVA, G. G.; CAMARGO, A. F. M. Treatment of shrimp effluents by free-floating aquatic macrophytes. **Revista Brasileira de Zootecnia / Brazilian Journal of Animal Science**, v. 37, p. 181-188, 2008.

KRISHNA, P.V. PRAKASH, B. K.; KUMAR, V. H.; PRABHAVATHI, K. Growth, survival and production of pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* at different stocking densities under semi intensive culture systems in andhra pradesh. **International journal of advanced research**, v. 3, p. 446 – 452, 2015.

KRISHNA, P.V. Production of *Penaeus monodon* using modified extensive systems in Repalle area, Guntur District, Andhra Pradesh, **Aquaculture**, v.7(1) p. 37-41, 2006.

MAIA, E. P.; MODESTO, G. A.; BRITO, L. O.; GALVEZ, A. O. et al. Intensive culture system of *Litopenaeus vannamei* in commercial ponds with zero water exchange and addition of molasses and probiotics. **Revista de Biologia Marina y Oceanografía**, v. 51, n. 1, p. 61-67, 2016.

MOURA, R. S. T.; VALENTI, W. C.; HENRY-SILVA, G. G. Sustainability of Nile tilapia net-cage culture in a reservoir in a semi-arid region. **Ecological Indicators**, v. 66, p. 574–582, 2016.

MONTALTO, V.; MARTINEZ, M.; RINALDI, A.; SARÀ, G. et al. The effect of the quality of diet on the functional response of *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck, 1819): Implications for integrated multitrophic aquaculture (IMTA) and marine spatial planning. **Aquaculture**, v. 468, p. 371–377, 2017.

NATORI, M. M.; SUSSEL, F.; SANTOS, E. C. B.; PREVIERO, T. C. et al. Desenvolvimento da canicultura marinha no Brasil e no mundo. **Informações Econômicas**, v. 41, n. 2, p. 61-73, 2011.

OLSEN, Y. How can mariculture better help feed humanity? **Front. Mar. Sci.** 2, 2015.

RIBEIRO, L. F.; SOUZA, M. M.; BARROS, F.; HARTJE, V. Desafios da carcinicultura: aspectos legais, impactos ambientais e alternativas mitigadoras. **Gestão Costeira Integrada**, v. 14, n. 3, p. 365-383, 2014.

ROCHA, I. P.; RODRIGUES, J.; AMORIN, L. A carcinicultura brasileira em 2003. **Revista da Associação Brasileira de Criadores de Camarão**, v.6, p.30-36, 2004.

RUBIO-CASTRO, A.; LUNA-GONZÁLEZ, A.; ÁLVAREZ-RUÍZ, P.; ESCAMILLA-MONTES, R. et al. Survival and immune-related gene expression in *Litopenaeus vannamei* co-infected with WSSV and *Vibrio parahaemolyticus*. **Aquaculture**, v. 464, p. 692–698, 2016.

SAMOCHA, T. M.; MORRIS, T. C.; KIM, J. S.;CORREIA, E. S. et al. Avanços recentes na operação de raceways superintensivos dominados por bioflocos e com renovação zero para a produção do camarão branco do Pacífico, *Litopenaeus vannamei*. **Revista da Associação Brasileira de Criadores de Camarão**, v. 13, n. 2, p. 62-67, 2011.

SIMÃO, B. R.; BRITO, L. O.; MAIA, A. S. C.; MIRANDA, L. C. et al. Comparing stocking densities and feeding strategies in a shrimp and tilapia polyculture in tanks. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 8, p. 1088-1095, 2013.

SONNENHOLZNER, S.; RODRÍGUEZ, J.; CALDERON, J. Temperature and WSSV: CENAIM studies promising shrimp culture technique. **Global Aquaculture Advocate**, v.5, p.55-57, 2002.

SOOKYING, D.; DAVIS, D. A. Pond production of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) fed high levels of soybean meal in various combinations. **Aquaculture**, v. 319, p.141-149, 2011.

SANCHES, E.G.; SILVA, F. C.; RAMOS, A. P. F. A. RAMOS. Viabilidade econômica do cultivo do robalo-flecha em empreendimentos de carcinicultura no Nordeste do Brasil. **Bol. Inst. Pesca**, v. 40, n. 4, p. 577 -588, 2014.

SANCHES, E.G., TOSTA, G.A.M., SOUZA-FILHO, J.J. Viabilidade econômica da produção de formas jovens de bijupirá (*Rachycentron canadum*). **Bol. Inst. de Pesca**, v. 39, n. 1, p. 15-23, 2013.

SHANG, Y.C. Aquaculture Economic Analysis: An Introduction. **World Aquaculture Society**, Baton Rouge, 1990.

SHANG, Y.C.; MEROLA, N. **Manual de economia de la acuicultura. FAO/Programa Cooperativo Gubernamental**. Proyecto GCP/RLA/075/ITA. Apoyo a las actividades regionales de acuicultura para America Latina y el Caribe. Brailia, BR. Julio, 1987.

TAHIM, E. F.; ARAÚJO, I. F. J. A carcinicultura do nordeste brasileiro e sua inserção em cadeias globais de produção: foco nos APLs do Ceará. **Economia e Sociologia Rural**, Piracicaba, v. 52, n. 3, p. 567-586, 2014.

TREJO-FLORES, J. V.; LUNA-GONZÁLEZ, A.; ÁLVAREZ-RUÍZ, P.; ESCAMILLA-MONTES, R. et al. Protective effect of Aloe vera in *Litopenaeus vannamei* challenged with *Vibrio parahaemolyticus* and white spot syndrome vírus. **Aquaculture**, v. 465, p. 60-64, 2016.

TROELL, M., JOYCE, A., CHOPIN, T., NEORI, A. et al. Ecological engineering in aquaculture potential for integrated multi-trophic aquaculture (IMTA) in marine offshore systems. **Aquaculture**, v. 297, p. 1-9, 2009.

VALDERRAMA. D.; ENGLE, C.R. Economic optimization of shrimp farming in Honduras. **Journal of the World Aquaculture Society**, Baton Rouge/USA, v. 33, n. 4, p. 398-404, 2002.

VALENTI. W.C. Cultivo de Camarões de Água Doce. São Paulo: **NOBEL**, 1985. 82p.

VELA-LÓPEZ, M.; PUENTE, M. E.; CIVERA -CERECEDO, R.; ARREDONDO-VEJA, B. O. Characterization of wastewater generated by *Litopenaeus vannamei* after being fed experimental diets based on animal protein, vegetable protein and a commercial diet. **Aquaculture Research**, v. 45, p. 1921-1931, 2014.

CAPÍTULO IV – ÍNDICES DE SUSTENTABILIDADE NO CULTIVO DO CAMARÃO MARINHO *Litopenaeus vannamei* COM DIFERENTES ESTRATÉGIAS DE MANEJO

RESUMO: Para se praticar a carcinicultura ambientalmente responsável, se busca sistemas cada vez mais sustentáveis, sendo necessário considerar as questões de sustentabilidade relacionadas aos aspectos sociais, econômicos e ambientais, fazendo uso de um conjunto de indicadores mais adequados. Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a sustentabilidade do sistema de produção de camarão em viveiros escavados com diferentes estratégias de manejo nas dimensões ambiental, social e econômica, por meio da aplicação de um conjunto de indicadores e do modelo conceitual DPSIR. Foi desenvolvido um delineamento inteiramente casualizado, com três tratamentos e quatro repetições em viveiros com áreas variando de 2600 a 26000 m², tempo máximo dos experimentos foi de 79 dias. Os tratamentos foram M1, com alta densidade de estocagem de camarão (92 cam.m⁻²) e povoamento direto, M2 com baixa densidade (14 cam.m⁻²) com povoamento direto e M3 baixa densidade (8 cam.m⁻²) com povoamento indireto. Na avaliação social foi verificada uma distribuição de renda da ordem negativa para M1 em função dos elevados custos de produção, configurando prejuízos para esse tratamento. M2 e M3 apresentaram distribuição de renda reduzida, sendo a remuneração da mão de obra de R\$ 0,70 e R\$ 1,06 respectivamente, representando 48 e 32% dos custos de produção (COT). A relação de geração de renda direta e indireta de postos de trabalho foi considerada baixa para todos os tratamentos. Na avaliação econômica M2 e M3 foram os que demonstraram maior viabilidade, provavelmente em função dos custos operacionais reduzidos em função do menor investimento com aquisição de pós larvas, rações, fertilizantes e mão de obra. O maior distanciamento da dimensão econômica para o tratamento M1 pode estar associado aos resultados elevados com RB e COT. Os tratamentos M2 e M3 foram os que apresentaram TIR positiva, demonstrando a viabilidade econômica, provavelmente em função dos preços elevados por quilo de camarão praticados nesse período, sendo negativa em M1 não se observando lucro. O Período de Retorno do Capital - PRC em M1 foi negativo, sendo em M3 menor que M2 provavelmente em função do menor tempo de cultivo. Na dimensão ambiental os cultivos apresentaram viabilidade moderada para a maioria dos tratamentos, sendo o mais viável M1. A sustentabilidade foi influenciada pela geração de resíduos sólidos, visto que grande parte do material particulado produzido em viveiros de camarão é formada por uma ação coletiva de produtos químicos, fertilizantes, excrementos, alimentos não digeridos, organismos indesejados e detritos. Vale salientar ainda que, a mancha branca comprometeu negativamente a sustentabilidade econômica e social de todos os tratamentos. Na modelagem da sustentabilidade, os tratamentos M2 e M3, foram os mais equilibrados e por este motivo receberam os maiores índice de sustentabilidade global, respectivamente. Os tratamentos M2 e M3 foram os mais sustentáveis em termos econômicos, provavelmente em função dos menores custos operacionais e preços de venda do camarão, resultando em lucros. M1 foi o tratamento mais favorável ambiental com tendência para o social. Podemos concluir que o monocultivo de camarão quando realizado com elevadas populações iniciais não consegue garantir o retorno do capital investido. M2 e M3 só foram viáveis economicamente em função dos preços elevados pagos por quilo de camarão, porém com reduzida geração de emprego e renda, não sendo socialmente justo e com maior impacto ao meio ambiente.

Palavras chaves: Carcinicultura, Indicadores de sustentabilidade, Modelagem, Viveiros.

1. INTRODUÇÃO

A aquicultura deve buscar técnicas de manejo que melhorem a eficiência da administração dos alimentos, a qualidade da água e dos solos, com trocas mínimas de água em cultivos intensivos, a redução da poluição e o tratamento dos efluentes gerados, no intuito de almejar as sustentabilidades econômica, social e ambiental (Pereira e Rocha, 2015; Moura, *et al.*, 2016; Araújo e Valenti, 2017). Na última década, o crescimento expressivo da aquicultura mundial incorporou à alimentação humana inúmeros produtos com qualidade diferenciada e alto valor agregado. Neste contexto, os camarões cultivados têm sido a “commodity” mais importante entre os produtos aquícolas em termos de valores, respondendo por 15% do valor total das negociações em exportação e importação ocorridas no comércio mundial de pescado, segundo as estatísticas mais atualizadas da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO, 2016).

O camarão branco (*Litopenaeus vannamei*) é uma das espécies mais cultivadas em todo o mundo, dessa forma, a produção de camarão exige inovação contínua como troca de água zero e uso de aeração mecânica para aumentar a produtividade, apesar do grande impacto de doenças virais e bacterianas, como a doença da mancha branca (WSSV) (Tran *et al.*, 2013 e Nunan *et al.*, 2014; Maia, *et al.*, 2016). Rocha (2014) verificou que a produção de camarão por extrativismo teria atingido seu limite de exploração sustentável no mundo. Assim, o fornecimento de camarão oriundo da carcinicultura tem sido considerado como essencial, visto que a demanda desse tipo de pescado é crescente. É importante ressaltar que para praticar a carcinicultura ambientalmente responsável, é essencial reduzir o volume de troca de água, diminuindo os custos de bombeamento e a possibilidade de introduzir patógenos, além de utilizar alimentos com níveis baixos de proteína, digestibilidade elevada e que produza poucos resíduos (Castillo-Soriano *et al.*, 2013; Brito *et al.*, 2014; Brito *et al.*, 2016). Também é necessário considerar as questões de sustentabilidade ambiental relacionadas aos aspectos sociais e econômicos, fazendo uso de um conjunto de indicadores mais adequados, alinhados à proposta da sustentabilidade (Valenti *et al.*, 2011; IISD, 2017).

Mais recentemente, o arcabouço teórico e modelo conceitual DPSIR (*Drivers-Pressure-State-Impact-Response*) permitiu agregar as informações de diversos indicadores com informações gerenciais, tais como políticas públicas aplicadas à aquicultura. Esse modelo tem a finalidade de fazer uma avaliação sistêmica dos dados sobre interações econômicas, sociais e ambientais em um único sistema, destacando quais as ações são as mais sustentáveis

para se gerenciar um recurso e indicando quais indicadores são mais importantes (Nobre et al, 2010; Moura et al. 2016; Cacho, 2017). Ou seja, basicamente, os componentes que norteiam a construção desse tipo de matriz respondem às seguintes questões básicas aplicáveis a qualquer escala territorial e em qualquer atividade produtiva. Esta abordagem conceitual vem sendo aplicada à gestão de recursos naturais principalmente na Europa por meio de modelos computacionais como o MULINO *mDSS* (Giupponi, 2007) que permite uma interface entre os gestores no intuito de auxiliar na tomada de decisão. Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a sustentabilidade do sistema de produção de camarão em viveiros escavados com diferentes estratégias de manejo nas dimensões ambiental, social e econômica, por meio da aplicação de um conjunto de indicadores e do modelo conceitual DPSIR.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. ÁREA DE ESTUDO

A pesquisa foi desenvolvida na empresa de carcinicultura conhecida como AQUARIUM AQUICULTURA DO BRASIL (5°11 "S, 37°20"W), localizada no município de Mossoró no estado do Rio Grande do Norte (Oeste do Estado). A fazenda localiza-se próxima ao estuário hipersalino do Rio Apodi/Mossoró, onde existe uma grande quantidade de salinas. A fazenda possui 800 hectares de área, distribuídos em 80 viveiros de engorda com tamanhos que variam de 0,26 a 2,6 há, onde são cultivados camarão marinho *L. vannamei*, com densidades que variam de 08 a 100 camarões.m⁻². A água de abastecimento dos viveiros é parcialmente retirada do rio Apodi/Mossoró e de poços subterrâneos (Fig. 1). De acordo com a classificação climática de Köppen, o clima da região é do tipo BSwh', isto é, semiárido muito quente e com estação chuvosa no verão atrasando-se para o outono, apresentando temperatura média de 27,4°C, com precipitação pluviométrica anual média de 685,3 mm e com umidade relativa média do ar de 68,9%.

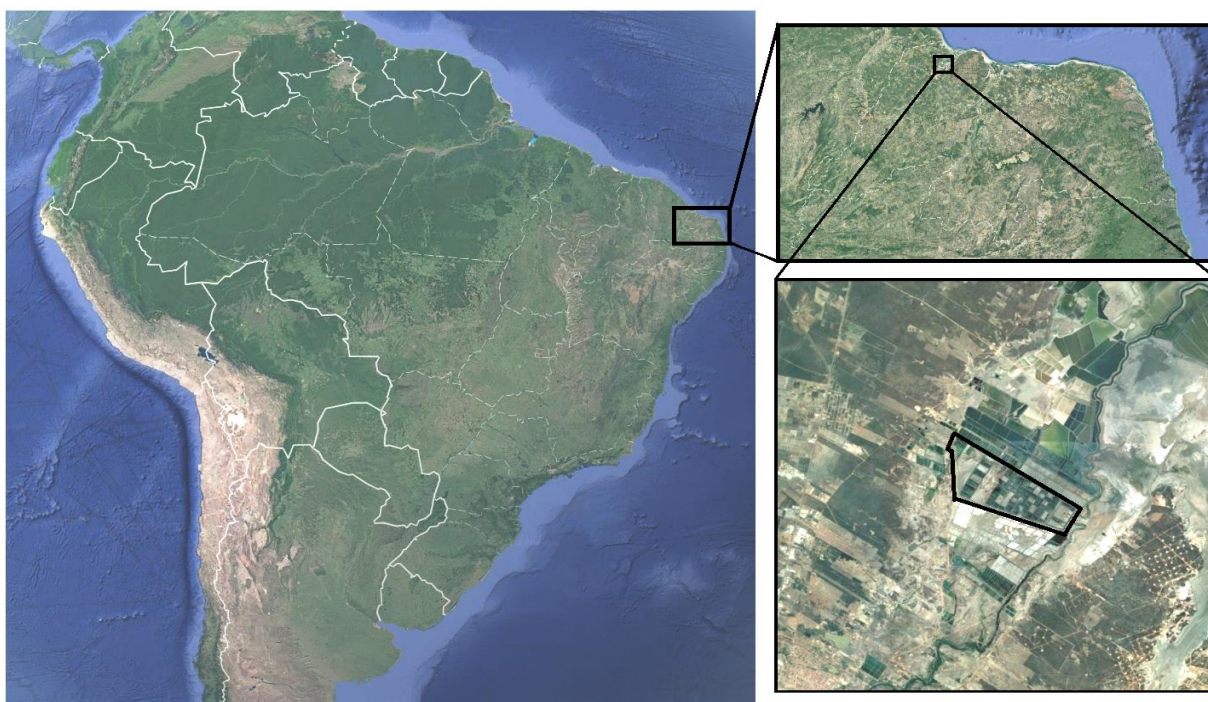


Figura 1. Localização da empresa AQUARIUM (5°11 "S, 37°20"W), com ênfase para a área de estudo.

2.2. DELINEAMENTO AMOSTRAL

O experimento foi desenvolvido com um delineamento inteiramente casualizado, com três tratamentos. Cada tratamento foi constituído de quatro repetições, perfazendo um total de 12 unidades experimentais (viveiros), com áreas variando de 2600 a 26000 m², sendo que o tempo máximo dos experimentos foi de 79 dias, com intervalos de 15 dias entre os quatro períodos de coletas. Antecedendo o povoamento dos viveiros com as pós-larvas de *L. vannamei*, os mesmos foram esvaziados, esterilizados e mantidos um vazio sanitário por trinta dias, sendo que a biomassa média individual e inicial das pós-larvas usadas foi de 0,004 g (250 pls.g⁻¹). Foram definidos três tratamentos com características distintas de manejo e população inicial estocada.

Manejo 1 (M1): constituído por quatro viveiros povoados com uma população inicial de 239 milhares de pós larvas (92 camarões.m⁻²), sistema monofásico (pós-larvas colocadas diretamente nos viveiros de engorda), fertilização inicial que consistiu de uma mistura com 100 kg.ha⁻¹ de farelo de trigo, 30 kg.ha⁻¹ de nitrato de cálcio, 20 kg.ha⁻¹ de silicato e 20 kg.ha⁻¹ de melão, e fertilizações de manutenção com a aplicações quinzenais de nitrato de cálcio, na proporção de 30 kg.ha⁻¹, e semanal de melão, na proporção de 10 kg.ha⁻¹. Manejo 2 (M2): constituído por quatro viveiros povoados com uma população inicial de 364 milhares de pós

larvas (14 camarões.m⁻²), sistema monofásico e fertilização inicial semelhante ao M1, porém sem fertilizações de manutenção, ou seja, sem as aplicações quinzenal de nitrato de cálcio e semanal de melaço. Manejo 3 (M3): composto por duas fases distintas. A Fase 1 foi constituída por um berçário secundário estocado com 1.000 camarões.m⁻², tipo raceway, coberto com lona com dimensões de 20x100 m onde as pós-larvas foram estocadas por um período de 30 dias. A fertilização inicial foi à base de uma mistura com 250 kg.ha⁻¹ de farelo de trigo, 45 kg.ha⁻¹ de nitrato de cálcio e 40 kg.ha⁻¹ de melaço, sendo adicionado ainda, 0,2 kg.ha⁻¹ de probiótico (cultura única ou mista de microorganismos vivos) constituídos de *Bacillus* spp. e *Lactobacillus* sp, previamente ativado em caixas de 1.000 litros por 24 hs com melaço e água do próprio viveiro. Semanalmente foi inoculado probiótico na quantidade 0,1 kg.ha⁻¹ e melaço 20 kg.ha⁻¹ (quantidades sugeridas por Avnimelech (2009), para manter uma relação C/N acima de 10). Na segunda fase, os juvenis de *L. vannamei*, com biomassa média individual de 0,98±0,05 g, foram despescados e estocados em quatro viveiros de engorda, cada um com uma população inicial de 208 milheiros de pós-larvas estocados (8 camarões.m⁻²). Cada um dos viveiros foi fertilizado inicialmente com 30 kg.ha⁻¹ de nitrato de cálcio e 100 kg.ha⁻¹ de calcário dolomítico. Fertilizações semanais foram realizadas utilizando 10 kg.ha⁻¹ de nitrato de cálcio até a despesca.

O arraçoamento para os três tratamentos consistiu na oferta de ração através do método de voleio, durante o experimento, os camarões foram alimentados inicialmente quatro vezes ao dia, sendo ofertado a 10% da biomassa até os indivíduos atingirem cerca de 1g. A partir desse momento a taxa de alimentação foi gradativamente reduzida até 2% da biomassa no final do experimento, sendo ofertada em duas refeições diárias. A avaliação da sustentabilidade ambiental, social e econômica foi realizada tendo por base produção/ano. Os detalhes técnicos do cultivo estão expressos na Tabela 1.

Tabela 1. Valores médios e desvios padrão das características zootécnicas na fase de engorda para os diferentes tratamentos de cultivo do *L. vannamei*, letras distintas indicam diferenças significativas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Parâmetros	Tratamentos		
	M1	M2	M3
Sobrevivência (%)	42,9 ($\pm 5,5$)a	12,2 ($\pm 3,5$)b	39,3 ($\pm 0,09$)a
Biomassa individual Inicial (g)	0,004a	0,004a	0,98 ($\pm 0,05$)b
Biomassa individual Final (g)	6,3 ($\pm 0,38$)b	9,4 ($\pm 1,88$)a	6,9 ($\pm 0,51$)b
Fator de Conversão Alimentar Aparente	2,95 ($\pm 0,47$)a	1,44 ($\pm 0,41$)b	0,22 ($\pm 0,08$)c
Ciclos por ano	4,56	4,3	7,3
Biomassa final (kg.ha ⁻¹)	651,9 ($\pm 99,4$)a	332,0 ($\pm 149,34,2$)b	219 ($\pm 56,6$)b

Os pilares da sustentabilidade são representados por 42 indicadores distribuídos entre as dimensões social, econômica e ambiental (Tabela 2). Os dados utilizados para os cálculos dos indicadores de sustentabilidade foram descritos por vários autores (Almeida, 2013; Fernandes, 2013; Proença, 2013; Moura et al., 2016; Cacho, 2017). Em cada período de coleta, foram empregados metodologias específicas, possibilitando os cálculos dos indicadores através dos dados coletados, conforme descrito a seguir. As equações utilizadas nos cálculos dos indicadores estão apontadas nos Anexos I, II e III.

Tabela 2. Lista dos indicadores de sustentabilidade social, econômico e ambiental.

Indicadores de Sustentabilidade		
Dimensão Social	Dimensão Econômica	Dimensão Ambiental
1 Equidade Salarial	Receita Bruta	Uso de Espaço
2 Custo Proporcional do Trabalho	Custo Operacional Total	Dependência de Água
3 Distribuição de Renda	Relação Renda Investimento	Proporção de Energia Renovável
4 Remuneração por Produção	Taxa Interna de Retorno	Potencial de Eutrofização
5 Inclusão Racial	Período de Retorno de Capital	Poluição Geral
6 Inclusão de Gênero	Relação Benefício/Custo	Poluição por Hormônio
7 Inclusão Etária	Valor Presente Líquido	Acúmulo de Fósforo
8 Trabalho por Área	Lucro	Acúmulo de Matéria Orgânica
9 Trabalho por Produção	Índice de Rentabilidade	Uso de Espaço
10 Geração de Ocupação Direta	Índice de Lucratividade	Risco da Espécie Cultivada
11 Geração de Postos de Trabalho	Diversidade de produto	
12 Proporção de Auto empregos	Diversidade de Mercado	
13 Uso de Mão de Obra Local		

- 14 Fixação de Renda
 - 15 Consumo Local
 - 16 Programas de Saúde
 - 17 Escolaridade
 - 18 Permanência na Atividade
 - 19 Participação da Comunidade
 - 20 Segurança do Trabalho
-

2.3. DIMENSÃO SOCIAL

Para representar os quatro aspectos principais da dimensão social: a) a equidade social; b) a distribuição de renda; c) a igualdade de oportunidades; e d) a geração de postos de trabalho e benefícios para as comunidades locais, foram utilizados 22 indicadores. Os dados foram adquiridos através de entrevistas diretas com aplicação de questionários semiestruturados, juntamente aos funcionários da empresa AQUARIUM AQUICULTURA DO BRASIL, responsável pelo manejo, vigilância, avaliadores de parâmetros, secretária, líder comunitário das comunidades vizinhas e os sócios proprietário, bem como mediante pesquisa realizada junto a órgãos públicos, tais como IBGE e MPA, para informações sobre o município.

2.4. DIMENSÃO ECONÔMICA

Na avaliação da sustentabilidade econômica, foram utilizados 12 indicadores selecionados a fim de representar quatro aspectos principais: a) a eficiência no uso dos recursos financeiros; b) a capacidade de resiliência; c) a capacidade de absorver o custo das externalidades negativas geradas; e d) a capacidade de gerar recursos para reinvestimentos. Todos os dados econômicos foram coletados juntamente a empresa AQUARIUM, fornecido pelos sócios proprietários, associadas à movimentações financeiras pesquisadas no mercado de camarão praticado no estado do Rio Grande do Norte no ano de 2016.

Foram levantados todos os equipamentos, utensílios, insumos e manejos usados na produção. As análises de custo-retorno e fluxo de caixa foram realizadas e o investimento inicial compreende a construção de viveiros, galpões, sistema de abastecimento e drenagem, caiaques, bombas, aeradores e outros itens de custo menor. As receitas foram geradas

baseadas no preço de venda do camarão no ano de 2016 e estimadas para a produção por hectare nos diferentes tratamentos. A receita líquida foi calculada considerando a produção e o preço médio de venda em função da biomassa individual média final dos camarões (Tabela 3). O lucro foi calculado pela diferença entre a receita líquida e os custos de produção, incluindo os impostos.

Tabela 3. Preços médios de comercialização dos camarões praticados no mercado do Rio Grande do Norte e Ceará no ano de 2016.

Classificações (g)	6,5-8,5	8,6-10,5	10,6-12,5	12,6-14,5	14,6-16,5
Preço (R\$)	21,00 a 25,00	25,50 a 30,00	30,50 a 34,00	34,50 a 36,00	36,50 a 38,00

Fonte: Pesquisa com produtores locais.

2.5. DIMENSÃO AMBIENTAL

Foi utilizado para avaliar a sustentabilidade ambiental um conjunto de 10 indicadores. A biomassa média individual dos camarões foi estimada por meio da pesagem de uma amostra da população de cultivo, sendo esse procedimento realizado semanalmente até o final do ciclo da engorda. Após a despesca, foi estimada a sobrevivência em função da biomassa total dividido pela biomassa individual média dos camarões. O Fator de Conversão Alimentar Aparente - FCAA foi estimado considerando o volume total de ração consumida dividido pela biomassa total de camarão. As saídas de compostos no sistema foram determinadas, conforme descrito a seguir:

2.5.1. Compartimento Água

Amostras da água de cultivo foram coletadas quinzenalmente para a determinação de material particulado, amônia, nitrito, nitrato, nitrogênio total, fósforo total, carbono orgânico e carbono inorgânico. As amostras foram obtidas no interior das câmaras de sedimentação, instaladas diretamente nos viveiros próximos as comportas de drenagem.

2.5.2. Compartimento Sedimento

O sedimento gerado foi quantificado a partir da instalação de câmaras de sedimentação nos viveiros, em coletas quinzenais no ano de 2016. Os coletores das câmaras de sedimentação (em duplicata) foram instalados diretamente nos viveiros para os diferentes tratamentos M1, M2 e M3 e permaneceram submersos durante 24 horas. Cada amostra dos sedimentos foram pesadas e os valores da concentração de material particulado e matéria orgânica foram calculados segundo Buffon et al. (2009).

2.5.3. Análises de Nutrientes

Foram determinadas para as amostras de água no interior das câmaras de sedimentação as concentrações de nitrogênio total (Koroleff, 1976), fósforo total e ortofosfato (Golterman et al., 1978), amônia, nitrito e nitrato (Mackereth et al., 1978), carbono orgânico e inorgânico (analisador de carbono VARIO-TOC).

2.5.4. Análises dos Gases

Foram feitas coletas no início, meio e fim do cultivo em cada unidade experimental de todos os tratamentos, onde foram realizadas medidas de emissão difusiva e ebulitiva dos gases do efeito estufa, identificando e quantificando as emissões de metano (CH₄), dióxido de carbono (CO₂), óxido nitroso (N₂O), oxigênio (O₂) e nitrogênio (N₂). A contribuição de emissão difusiva superficial em mg.m⁻².d⁻¹ foi estimada utilizando uma câmara de difusão (Santos et al, 2005). A coleta foi feita posicionando a câmara de difusão voltada para baixo, sobre a superfície da água. Os gases que emanam dos viveiros gradativamente tendem a se concentrar neste ar aprisionado dentro da câmara. Após isso, as amostras eram retiradas da câmara de difusão a partir de uma série temporal de amostras de gás coletadas com seringas de 30 ml no tempo 0, 1, 2, e 4 minutos após sua colocação na superfície da água e posteriormente armazenada em câmaras gasométricas. O procedimento para a coleta das amostras por difusão foi realizado no período diurno e noturno.

As emissões por ebulição foram estimadas com o auxílio de funis invertidos submersos (Santos et al, 2005), com diâmetro de 0,0707 m², e fixados logo abaixo da superfície dos viveiros com um frasco cheio de água ligado ao seu topo. Os funis foram

presos de forma a permitir que esses alcancem uma região próxima ao fundo dos viveiros, forçando as bolhas em formação a se desprenderem e subirem ao topo do funil, acumulando-se no frasco. O tempo de permanência do funil na água foi de 24 horas, ao final desse período o gás acumulado foi retirado, e posteriormente armazenadas em câmaras gasométricas, e o volume anotado. Posteriormente, as câmaras gasométricas foram transportadas para laboratório para a determinação das concentrações de metano (CH₄), dióxido de carbono (CO₂), óxido nitroso (N₂O), oxigênio (O₂) e nitrogênio (N₂) através de análise cromatográfica. As concentrações dos gases obtidas da análise do cromatógrafo foram dadas em % e posteriormente transformadas em ppm. Os dados médios diários para todos os gases obtidos por difusão e ebulição em cada tratamento foram somados para se obter o fluxo total de cada gás em mg.m⁻².d⁻¹ para o período de 24 horas, indicando com esses resultados se os viveiros de cultivo de camarão emitem ou absorvem os gases do sistema.

2.6. MODELAGEM DPSIR/MULINO

O modelo conceitual foi implementado com o auxílio do *software Multisectorial, Integrated and Operational Decision Support System for Sustainable Use of Water Resources at the Catchment Scale* (MULINO *mDSS*) v5.12 (Giupponi, 2007). Como dados de entrada neste modelo, foi utilizado um subconjunto do conjunto inicial de indicadores, totalizando 24 indicadores de sustentabilidade distribuídos nas três dimensões (econômica, social e ambiental) e de acordo com os critérios DPSIR (Tabela 4). Para compor este subconjunto foram selecionados os indicadores que melhor refletiram as mudanças no sistema de acordo com os três tratamentos modelados: M1, M2 e M3.

Os indicadores selecionados serviram de entrada no *software* MULINO *mDSS*, e foram agrupados de acordo com os critérios DPSIR, sendo eles: (i) Indicadores de Forças Motrizes, sendo considerada aqui a atividade de carcinicultura em viveiros escavados; (ii) Indicadores de Pressão sobre o ecossistema; (iii) Indicadores de Estado das condições atuais do sistema estudado; (iv) Indicadores dos Impactos causados pela atividade; e (v) Respostas em termos de manejo para mitigação dos impactos gerados. Uma análise de sensibilidade foi executada, através de uma sub rotina do programa. Esta análise avalia o comportamento dos tratamentos modelados em resposta à mudanças em cada um dos indicadores, individualmente, e aponta quais são os indicadores mais importantes para o sistema. Os indicadores mais importantes são aqueles que pequenas mudanças em seus valores

influenciam fortemente na sustentabilidade do sistema. Desta forma um valor péssimo receberia o valor zero e um valor excelente, mas atingível receberia o valor 100. A seguir, divide-se a escala em partes iguais ou diferentes, conforme a natureza do indicador. Uma performance pior que o menor valor no início da escala receberá o valor zero e uma performance melhor que o maior valor receberá 100. Na modelagem realizada estes indicadores receberam o dobro do peso atribuído aos demais.

Tabela 4. Indicadores de sustentabilidade utilizados para abastecer o *software* MULINO *mDSS* de acordo com os preceitos do modelo conceitual DPSIR.

Indicador	Peso	Critério	Dimensão Primária
Lucro Anual	Força Motriz	0,249	Econômica
Relação renda investimento	Força Motriz	0,056	Econômica
Trabalho por produção	Força Motriz	0,286	Social
Trabalho por área	Força Motriz	0,006	Social
Acúmulo de matéria orgânica	Pressão	0,055	Arbiental
Acúmulo de material particulado	Pressão	0,006	Arbiental
Acúmulo de nitrogênio	Pressão	0,011	Arbiental
Acúmulo do fósforo	Pressão	0,022	Arbiental
Inclusão de gênero	Estado	0,011	Social
Inclusão de etária	Estado	0,011	Social
Custo proporcional de trabalho	Estado	0,008	Social
Período de retorno de capital	Estado	0,006	Econômica
Relação benefício/custo	Estado	0,006	Econômica
Remuneração por produção	Estado	0,015	Social
Taxa interna de retorno	Estado	0,007	Econômica
Distribuição de renda	Estado	0,006	Social
Potencial de eutrofização	Impacto	0,008	Arbiental
Dependência de água	Pressão	0,007	Arbiental
Uso de energia	Pressão	0,076	Arbiental
Absorção e emissão de CH ₄	Pressão	0,051	Arbiental
Absorção e emissão de N ₂ O	Pressão	0,063	Arbiental
Absorção e emissão de CO ₂	Pressão	0,075	Arbiental
Produção anual	Pressão	0,007	Todos
Mudanças nos indicadores	Resposta		Todas

A sustentabilidade dos tratamentos com os cultivos reais na criação de camarão marinho foi avaliada sob este arcabouço, totalizando três opções, com diferentes estratégias de manejo, a saber: **a) M1**, cenário do cultivo real acompanhado nesta pesquisa, onde o sistema opera com elevadas populações iniciais, configurando alta densidade e povoamento direto (92 cam.m^{-2}) com 4,5 ciclos anuais (ciclos de produção curtos, aproximadamente 63 dias); **b) M2**, cenário do cultivo real, onde o sistema opera com reduzidas populações iniciais, configurando baixa densidade e povoamento direto (14 cam.m^{-2}) com 4,3 ciclos anuais (ciclos de produção curtos, aproximadamente 79 dias); **c) M3**, cenário do cultivo real, onde o sistema opera com reduzidas populações iniciais, configurando baixa densidade, com povoamento indireto sendo os camarões estocados primeiro em estufa (1.000 cam.m^{-2}) em seguida nos viveiros de engorda 8 cam.m^{-2} com 7,3 ciclos anuais (ciclos de produção curtos, aproximadamente 51 dias). Os indicadores foram utilizados como informação de entrada no modelo, de modo que o comportamento e os valores dos indicadores foram calculados e estimados para os três tratamentos considerados. O algoritmo de decisão utilizado foi o SAW (*Simple Additive Weighting*).

O *software* MULINO executa uma análise comparativa, de modo que a performance dos indicadores é calculada para cada cenário, desta forma os tratamentos estão sendo avaliados no *software* MULINO de forma a simular como se comportaria os cultivos de camarão com diferentes estratégias de manejo e densidades de estocagem, e assim avaliar qual cenário apresenta maior sustentabilidade.

3. RESULTADOS

3.1. INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE SOCIAL

O trabalho requerido para a realização dos cultivos na empresa AQUARIUM DO BRASIL foi de 1,17 (M1), 1,46 (M2) e 2,04 (M3) homem-hora-ano por metro quadrado (hha/m²). O trabalho requerido por unidade de produção foi de 0,01(M1) e 0,03 (M2 e M3) homem hora por kg de camarão produzido (hh/kg). A equidade salarial foi de 73% para o M1, 70% e 69% para M2 e M3 respectivamente. Como o quadro de funcionários não se altera para os diferentes tratamentos analisados neste estudo, os valores de inclusão racial (100%), inclusão de gênero (61%) e inclusão etária (50%) foram iguais para os tratamentos M1, M2 e M3. A fixação da renda gerada pela atividade, em todos os tratamentos, demonstrou que 100% das remunerações dos funcionários foram aplicadas no município de Mossoró/RN,

porém o consumo local da produção de camarão foi de 0%, pois toda a produção foi comercializada para a capital do Rio Grande do Norte e para outros estados (Tabela 5).

A empresa não ofereceu nenhum tipo de programa de saúde para seus funcionários e a escolaridade indicou que 15% dos funcionários estavam na escola. Além disso, o período de permanência no empreendimento foi de três anos para cada funcionário. Com relação à participação dos empregados em atividades externas comunitárias, foi demonstrado que 50% dos funcionários apresentam vínculo com o sindicato rural ou colônia de pescadores da cidade de Mossoró/RN. Dentre os itens de segurança do trabalho, o empreendimento apresentou 67% de equipamentos e ações necessárias para o desenvolvimento da prática de manejo com relevante segurança. Sendo que dentre os 15 itens avaliados no indicador de segurança do trabalho, cinco foram considerados irrelevantes, sendo eles o uso de coletes salva vidas, uso de óculos de proteção contra escamas, uso de equipamentos que aliviem o esforço físico, uso de máquinas e equipamentos por profissional qualificado e sinalização de eventuais áreas de perigo. Os demais indicadores avaliados podem ser visualizados na Tabela 5.

Tabela 5. Valores médios obtidos para indicadores de sustentabilidade social para os diferentes tratamentos no cultivo do *L. vannamei*.

Indicadores de sustentabilidade social	Tratamentos		
	M1	M2	M3
Equidade Salarial (%)	73	70	69
Custo Proporcional do Trabalho (%)	50	47	56
Distribuição de Renda (R\$)	-0,79	0,70	1,06
Remuneração por Produção (R\$/kg)	29,53	8,45	10,78
Inclusão Racial (%)	100	100	100
Inclusão de Gênero (%)	61	61	61
Inclusão Etária (%)	50	50	50
Trabalho por Área (hha/m ²)	1,17	1,46	2,04
Trabalho por Produção (hh/kg)	0,01	0,03	0,03
Geração de Ocupação Direta (emp/R\$)	0,000042	0,00015	0,00021
Geração de Postos de Trabalhos (emp/R\$)	0,00042	0,0015	0,0021
Proporção Auto Empregos (%)	25	20	14
Uso de Mão de Obra Local (%)	50	60	50
Fixação de Renda (%)	85	85	85
Consumo Local (%)	0	0	0
Programa de Saúde	0	0	0
Escolaridade (%)	15	15	15
Permanência na Atividade (ano)	3	3	3
Participação em Atividades Comunitárias	50	50	50
Segurança no Trabalho (%)	67	67	67

3.2. INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE ECONÔMICA

Todo o investimento para a implantação do sistema de produção em viveiros foi realizado pelos sócios proprietários da empresa AQUARIUM DO BRASIL. Os investimentos iniciais incluíram construção de viveiros, galpões, caiaques, bombas, aeradores e outros itens de custo menor como telas, tábuas, material de escritório, etc., somando um montante de R\$ 95.262,48 para M1 e R\$ 32.679,88 para M2 e M3 no ano de 2016. Os investimentos foram calculados com base em um hectare de área cultivada por um período de um ano. A produção de camarão ($\text{Kg.ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$) foi de 3.507 (M1), 1.430 (M2) e 1.601 (M3) o que gerou receita bruta de R\$74.299,50 (M1), R\$ 42.892,50 (M2) e R\$ 40.013,13 (M3), em função dos elevados custos operacionais - COT (Tabela 6), o tratamento M1 apresentou lucro negativo de R\$ 131.364,95 ficando os tratamentos M2 e M3 com lucros de R\$ 17.375,33 e R\$ 9.374,20, respectivamente. A diversidade de produto foi considerada baixa por se tratar do monocultivo de camarão, sendo os principais mercados de comercialização deste produto os estados de São Paulo, Distrito Federal, Santa Catarina, Pernambuco, Ceará e Rio Grande do Norte (Tabela 6). Estes índices são uma estimativa média da produção e preços médios de venda do quilograma do produto (R\$ 26,90) praticado no mercado do Rio Grande do Norte para o ano de 2016, sendo estimados de forma individual para cada tratamento.

Tabela 6. Valores obtidos para indicadores de sustentabilidade econômica do cultivo de (*L. vannamei*) nos diferentes tratamentos.

Indicadores	M1	M2	M3
Produção anual (kg)	3.507	1.430	1.601
Receita bruta (R\$)	74.299,50	42.892,50	40.013,13
Custo Operacional Total - COT (R\$)	205.968,55	25.526,83	30.638,93
Relação Renda Investimento (R\$)	- 1,38	0,53	0,44
Taxa Interna de Retorno (%)		33,70	28,89
Período de Retorno do Capital (anos)	- 0,82	8,61	6,34
Relação Benefício Custo (R\$)	- 12,80	3,41	2,23
Valor Presente Líquido (R\$)	- 1.283.297,86	121.084,48	38.270,21
Lucro (R\$)	- 131.364,95	17.375,33	9.374,20
Índice de Rentabilidade (IR)	0,36	1,68	1,31
Índice de Lucratividade (IL)	- 1,82	0,33	0,32
Diversidade de Produtos	1,00	1,00	1,00
Diversidade de Mercado	6,00	6,00	6,00

3.3. INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL

A taxa de sedimentação de material particulado, amônia, nitrito e P-total, foram significativamente superiores no tratamento M3 quando comparado com M1 e M2, no início do cultivo (15 dias). Foram verificadas diferenças significativas para algumas das taxas de sedimentação dos nutrientes analisadas, apresentando uma tendência de redução para o final do ciclo no aporte de material particulado (M1 e M3), amônia, nitrato e N-total. Para o P-total, CIT e COT foram verificados um aumento ao longo do cultivo e estabilização do nitrito (Tabela 7).

Tabela 7. Valores médios e desvios padrão de sedimentação de nutrientes para os tratamentos M1, M2 e M3: Material particulado; Amônia; Nitrito; Nitrato; PT- Fósforo Total; NT- Nitrogênio Total; COT- Carbono Orgânico Total e CIT- Carbono Inorgânico Total.

Tratamento	Mat. Particulado (mg/cm ² /dia)	Amônia (ug/cm ² /dia)	Nitrito (ug/cm ² /dia)	Nitrato (ug/cm ² /dia)	PT (ug/cm ² /dia)	NT (mg/cm ² /dia)	COT (mg/cm ² /dia)	CIT (mg/cm ² /dia)
M1	14,601(±1,52)	4,95(±1,86)	0,12(±0,07)	20,66(±1,45)	35,16(±10,35)	0,022(±0,001)	0,568(±0,10)	0,800(±0,12)
M2	6,172(±0,86)	5,27(±1,32)	0,07(±0,03)	20,02(±0,97)	14,64(±2,65)	0,021(±0,002)	0,595(±0,07)	0,706(±0,14)
M3	22,031(±3,79)	8,16(±3,77)	3,73(±1,00)	23,43(±9,95)	64,79(±6,37)	0,028(±0,002)	0,692(±0,02)	0,800(±0,05)

Os indicadores de sustentabilidade ambiental calculados mostraram uma dependência de água na ordem de 39.554, 89.608 e 103.881 m⁻³ por tonelada de camarão e de espaço sendo 15,34, 30,10 e 45,66 m⁻² por quilograma de camarão produzido para os tratamentos M1, M2 e M3, respectivamente (Tabela 8). Além disso, o acúmulo de nitrogênio foi de 0,00171, 0,00394 e 0,0117 e fósforo de 0,0005, 0,0007 e 0,0033 kg por quilograma de pescado para M1, M2 e M3, respectivamente. A proporção de energia renovável, poluição geral e poluição por hormônio, o valor foi considerado igual a zero, uma vez que nenhum destes produtos foi utilizado no sistema em questão.

Os sistemas de cultivo apresentaram um acúmulo de material particulado na ordem de 141, 147 e 513 kg por quilograma de camarão produzido para os tratamentos M1, M2 e M3, respectivamente, sendo que aproximadamente 0,24, 0,52 e 0,053 % deste acúmulo foi composto de matéria orgânica o que gerou uma emissão de 0,34, 0,77 e 0,27 kg por quilograma de camarão produzido para M1, M2 e M3, respectivamente. O potencial de eutrofização demonstrou que os sistemas liberaram 221,5, 115,7 e 330,47 kg de fósforo por hectare ciclo de cultivo para os tratamentos M1, M2 e M3, respectivamente (Tabela 8). Para

os gases, foram observados valores de emissão de metano (CH_4) de 0,019 kg por quilograma de camarão produzido em M2 e absorção de 0,0048 e 0,0039 kg por quilograma de camarão produzido em M1 e M3, respectivamente. Para o dióxido de carbono (CO_2) foi observado emissão de 0,014 e 0,047 kg por quilograma de camarão produzido em M2 e M3, respectivamente e absorção de 0,057 kg por quilograma de camarão produzido em M1. Já os valores encontrados de emissão de óxido nitroso (N_2O) foram de 0,000038 e 0,00077 kg por quilograma de camarão produzido para os tratamentos M1 e M2, respectivamente, e em M3 foi observado absorção de 0,000021 kg por quilograma de camarão produzido (Tabela 8).

Tabela 8. Valores obtidos para indicadores de sustentabilidade ambiental do cultivo de camarão marinho em viveiros escavados para os tratamentos M1, M2 e M3.

INDICADORES	TRATAMENTOS		
	M1	M2	M3
Uso do espaço (m^2/kg)	15,34	30,10	45,66
Dependência de água (m^3/t)	39.554	89.608	103.881
Uso de energia (MJ/t)	22,4	43,9	66,5
Proporção de Energia Renovável	0	0	0
Acúmulo do Nitrogênio (kg N/kg)	0,00171	0,00394	0,01170
Acúmulo do Fósforo (kg P/kg)	0,0005	0,0007	0,0033
Eficiência Uso do Nitrogênio (%)*	34	34	34
Eficiência Uso do Fósforo (%)*	10	10	10
Produção Efetivamente Utilizada %	60	60	60
Potencial de Eutrofização-P (kg P/há/ciclo)	221,50	115,70	330,47
Poluição Geral	0	0	0
Poluição por Hormônios	0	0	0
Acúmulo de MO (kg MO/kg)	0,34	0,77	0,27
Acúmulo de MP (kg MP/kg)	141,11	146,77	513,10
Risco da Espécie Cultivada	4	4	4
Emissão e absorção de CH_4 ($\text{kg CH}_4/\text{kg}$)	-0,004829864	0,01968294	-0,00396279
Emissão e absorção de CO_2 ($\text{kg CO}_2/\text{kg}$)	-0,057882749	0,0149757	0,047833804
Emissão e absorção de N_2O ($\text{kg N}_2\text{O/kg}$)	0,000038	0,00077029	-0,0000218

3.4. MODELAGEM DA SUSTENTABILIDADE

A sustentabilidade dos tratamentos avaliados M1, M2 e M3, segundo a modelagem DPSIR/MULINO, apresentou comportamentos diferentes em relação aos pilares da

sustentabilidade, pois quanto mais ao centro do triângulo, mais igualmente distribuída é a sustentabilidade, enquanto que, quando mais deslocado para as arestas do triângulo, mais sustentável o cenário é em relação a uma das dimensões da sustentabilidade (Figura 2). Sendo assim, o cenário real M1 apresentou a sustentabilidade deslocada para a dimensão ambiental com tendência para a dimensão social se mostrando inviável economicamente. M2 e M3 apresentaram tendência de deslocamento para as dimensões econômicas, apresentando um distanciamento das dimensões ambientais e sociais, se mostrando mais sustentáveis economicamente. Vale salientar que o deslocamento da sustentabilidade em direção a um dos pilares sempre é feito em detrimento dos outros dois pilares (Figura 2). O cenário M3, foi o que apresentou o maior índice sustentabilidade global com valor do índice de 62, seguido por M2 (60) M1 (45) (Tabela 9).

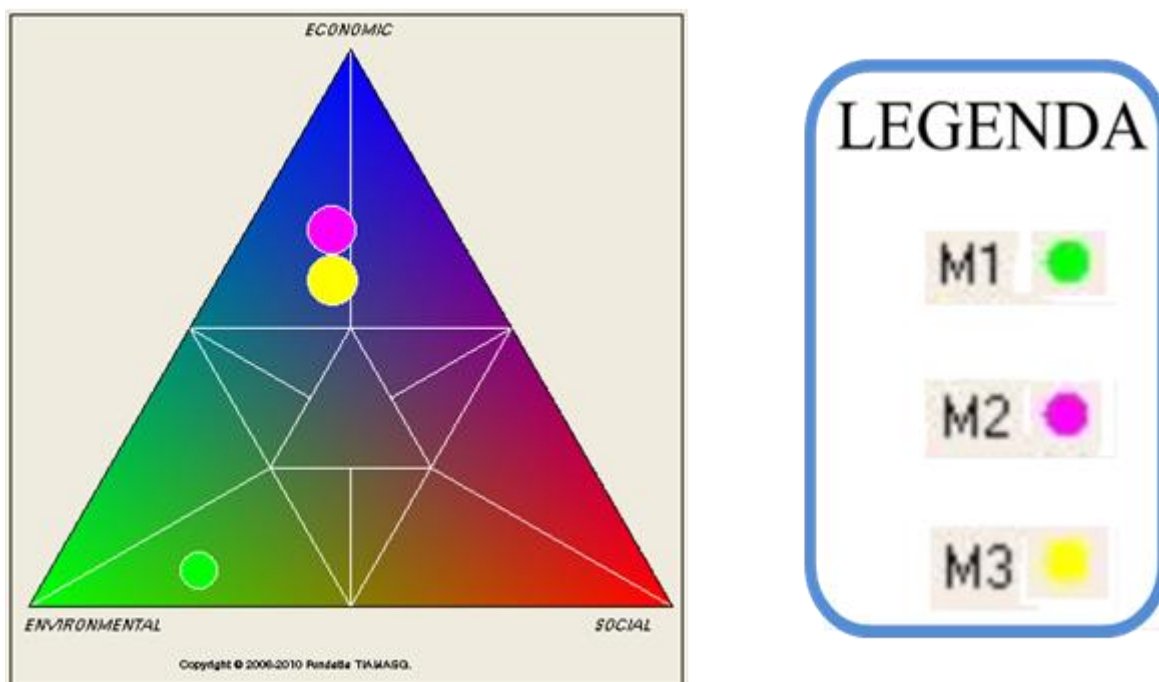


Figura 2. Triângulo da sustentabilidade para os tratamentos M1, M2 e M3 desenvolvidos no ano de 2016. Quanto mais próximo do centro da pirâmide, maior a sustentabilidade global do sistema de produção.

Tabela 9. Escores da sustentabilidade gerados pelo *software* MULINO *mDSS* nas dimensões ambiental, social e econômica para cada tratamento e índice geral de sustentabilidade.

Cenários	Escores			Índice
	Ambiental	Social	Econômico	
M1	70	23	7	45
M2	19	13	68	60
M3	24	18	58	62

4. DISCUSSÃO

4.1. DIMENSÃO SOCIAL

O empreendimento avaliado se mostrou pouco sustentável socialmente na maioria dos indicadores, uma vez que o empreendimento emprega 50% da mão de obra local com pouco trabalho por unidade de área e por produção, esses valores reduzidos podem estar associados ao manejo de alimentação que não mais emprega comedouros, sendo a ração ofertada a lanço causando menor empregabilidade e pela reduzida produção de biomassa em função das elevadas taxas de mortalidade resultando na diminuição da mão de obra para redução de custos. A equidade salarial foi em média 70% para todos os tratamentos, esses valores ficaram abaixo dos encontrados por Moura (2016) que registraram equidade salarial de 100% trabalhando com criação de tilápias em tanques-rede. A equidade mais reduzida pode estar em função da desigualdade dos salários pagos aos funcionários, pois existe uma hierarquia salarial em função do cargo ocupado, sendo o salário maior pago aos encarregados, seguido pelos vigilantes e por fim os arraçoadores, porém se compararmos a equidade salarial dos tratamentos reais com cultivos desenvolvidos antes da contaminação pela mancha branca, referente ao período de 2014 e 2015 com estratégias de manejo semelhante a M2 e M3, observamos valores de 54% de equidade, demonstrando que nesse período anterior a doença e em função do maior quadro de funcionários, foi registrado uma maior diversidade de cargos e salários.

O consumo local da produção de camarão foi registrado como zero em função da produção ser comercializada principalmente nos estados de São Paulo, Distrito Federal, Santa Catarina, Pernambuco e Ceará. Mesmo valor foi identificado para o programa de saúde, uma vez que todos os funcionários dependem apenas do Sistema Único de Saúde – SUS. Em

função da dinâmica de produção e do manejo aplicado ao cultivo diuturnamente, foram registrados que 15% dos funcionários estavam na escola, esse percentual foi mais elevado que o encontrado por Bezerra (2017), que trabalhando com produção de camarão no estado do Ceará, identificou que 10% dos funcionários estavam na escola. Apesar da redução no processo produtivo de camarão em função de doenças, a permanência no emprego identificado nessa pesquisa foi semelhante a encontrada por Cacho (2017) que registrou três anos de permanência no emprego na criação de tilápias em tanques rede. Provavelmente essa permanência está relacionada às condições de trabalho oferecidas pela empresa, que proporcionaram segurança aos envolvidos no processo produtivo, pois dentre os 15 itens avaliados de segurança do trabalho, cinco não foram identificados.

A empresa apresentou uma distribuição de renda de ordem negativa para M1 em função dos elevados custos de produção e a não geração de lucros, configurando prejuízos para esse tratamento. M2 e M3 apresentaram distribuição de renda reduzida, porém esses valores ficaram acima dos registrados nos cultivos desenvolvidos antes da contaminação pela mancha branca, onde foram observado uma distribuição de renda de R\$ 0,20, ou seja, para cada R\$ 1,00 em lucro foram gastos para remunerar a mão-de-obra R\$ 0,20. Para M2 e M3 a remuneração da mão de obra foram de R\$ 0,70 e R\$ 1,06 respectivamente, representando 48 e 32% dos custos de produção (COT), demonstrando assim que uma parcela razoável dos custos de produção foi para o pagamento dos funcionários. Essa distribuição de renda foi semelhante a encontrada por Moura et al. (2016), que identificaram uma representação da distribuição de renda de 42% dos custos de produção, trabalhando com uma cooperativa de criação de tilápias em tanques rede. A relação de geração de renda direta e indireta de postos de trabalho em função do investimento da empresa foi considerada baixa para todos os tratamentos, provavelmente em função da diminuição do quadro de funcionários motivada pela invasão da mancha branca (WSSV), sendo necessária a redução do número de viveiros povoados e mudanças no manejo de cultivo para diminuir custos. Estas alterações acarretaram na redução de funcionários e consequentemente uma baixa sustentabilidade social. Em função da redução na produção de biomassa de camarão, a remuneração da mão-de-obra relativa à produção bruta foi relativamente alta para todos os tratamentos, uma vez que os custos com mão de obra por quilograma de camarão produzido foram elevados, em função disto é que foi registrada a maior remuneração em M1. Quando comparado os cultivos desenvolvidos antes da contaminação pela mancha branca com os cultivos dos tratamentos M1, M2 e M3, a remuneração da mão de obra por quilograma de camarão produzido

apresentou valores bem mais reduzidos, representando 9, 32 e 25% dos valores encontrados em M1, M2 e M3, respectivamente, pois foi observado uma remuneração de R\$ 2,67 por quilograma de camarão produzido, provavelmente em função da elevada produção alcançada na ausência da mancha branca, esses valores foram ainda mais elevados que os encontrados por Bezerra (2017), que registrou uma remuneração de R\$ 1,33 por quilograma de camarão produzido. Os indicadores que elevaram a sustentabilidade social para o tratamento M1, foram a remuneração por produção e a proporção de auto empregos, provavelmente em função da geração de mais mão de obra para o manejo no cultivo de camarão com elevadas populações iniciais, sendo em M1 verificado os maiores valores de escores.

A inclusão de gênero e etária nessa pesquisa foi mais elevada que as encontradas por Bezerra (2017) que identificou 10% desses indicadores na produção de camarão no estado do Ceará e próximos aos valores encontrados por Moura et al. (2016), trabalhando com uma associação de criadores de tilápias em tanques redes, demonstrando o reconhecimento do trabalho feminino na atividade de aquicultura na empresa AQUARIUM. A fixação da renda foi mais elevada dos que encontrados por Moura et al. (2016) e Cacho (2017), onde identificaram valores de 2 e 3%, respectivamente, na criação de tilápias em tanques rede no semiárido brasileiro, os valores elevados para todos os tratamentos podem estar associados a maior parcela de insumos que foram adquiridos no próprio município pelos funcionários, uma vez que mais de 50% da mão de obra utilizada na empresa é local, apesar da produção de camarão ser comercializada em outros estados.

4.2. DIMENSÃO ECONÔMICA

Para a dimensão econômica, os tratamentos M2 e M3 foram os que demonstraram viabilidade, provavelmente em função dos custos operacionais reduzidos em função do menor investimento com aquisição de pós larvas, rações, fertilizantes e mão de obra, isso devido a engorda dos camarões ter acontecido com baixas densidades de estocagem. O maior distanciamento da dimensão econômica para o tratamento M1 pode estar associado aos resultados elevados com RB e COT, provavelmente estes custos elevados foram em função da população inicial, tempo de cultivo e elevado FCAA, pois custos com rações e pós-larvas podem comprometer em até 60 % dos custos de produção (Bessa Junior, et al., 2012; Sanches, et al., 2013). Em qualquer sistema de produção, a comercialização deve se dar de forma que as receitas superem o capital investido. Neste contexto, custos operacionais elevados

inviabilizam o rendimento líquido máximo dos sistemas de cultivo, necessitando um aumento nos preços de venda e/ou redução nos custos de produção (Valderrama e Engle, 2002; Sanches et al., 2014; Bezerra, 2017). Como pode ser observado neste trabalho, mesmo com preços médios elevados, por quilo de camarão praticado no estado do Rio Grande do Norte em 2016, ainda assim não garantiu a sustentabilidade econômica no tratamento M1. Em M3, o COT mais elevado que em M2 pode estar associado a estratégia de manejo, que utilizou estufa (raceway) para produzir uma pós-larva maior (1,0 g) elevando os custos de produção com redução das receitas e da relação benefício custo, quando comparado a M2. Os cultivos desenvolvidos antes da contaminação pela mancha branca, no que diz respeito a RB e COT, foram melhores que os encontrados em M2 e M3, apresentando valores de 195% e 12%, respectivamente mais elevados que os tratamentos reais. Isso demonstra que melhores resultados alcançados nos cultivos sem a presença da mancha branca, ou seja, entre 2014 e 2015, tais como sobrevivências, produção de biomassa e FCAA, refletiram em menores custos de produção e maiores receitas. A utilização de novas tecnologias como os “viveiros estufa” não garantiu a M3 esses resultados zootécnicos alcançados nos cultivos desenvolvidos antes da contaminação pela mancha branca, dessa forma, com o intuito de viabilizar os resultados zootécnicos no cultivo de camarão em sistemas mais adensados com utilização de novas tecnologias, se faz necessários pesquisas adicionais na produção em raceway, para que esse tipo de manejo venha a aumentar a sustentabilidade econômica da atividade, reduzindo custos com a produção e aumentando as receitas (Samocha et al., 2011).

Os tratamentos M2 e M3 foram os que apresentaram TIR positiva, com valores mais elevados que a taxa básica de juros – SELIC (13,6% aa), demonstrando a viabilidade econômica dessa atividade quando praticada com cultivos menos adensados. Em M1 não se verificou a TIR em função dos lucros se apresentarem negativos. Os valores médios da TIR encontrados em M2 e M3 foram mais elevados que os encontrados por Bezerra (2017) no cultivo de camarão no estado do Ceará, identificando TIR de 21,48 % para um cenário de investimentos sem financiamento. A TIR mais elevada pode estar associada aos valores elevados atípicos de comercialização do camarão em função da baixa oferta do produto impulsionado pela mortalidade da produção causada pela mancha branca.

O Valor Presente Líquido – VPL em M1 foi negativo, pois o valor presente de pagamentos futuros, descontados a uma taxa de juros de 8,5% ao ano não se pagaram e acumularam prejuízos, provavelmente em função dos elevados custos com rações, pois segundo Sanches et al. (2014), os fatores que mais afetam para mais ou para menos o VPL são

os custos em investimentos com hidróbios e rações. Sanches et al. (2013) citam que se a subtração do valor atual dos benefícios do valor atual dos custos ou desembolsos for positiva, o investimento é considerado financeiramente viável, dessa forma, apenas os tratamentos M2 e M3 foram considerados viáveis economicamente por apresentarem VPL positiva. Em M3 o lucro foi inferior a M2 em aproximadamente 54%, provavelmente em função do elevado custo com os juvenis de camarão durante o período no viveiro estufa. Em M1 não se observou lucro, uma vez que os custos foram mais elevados que a receita gerada. Nos três tratamentos, a diversidade de produto foi baixa em função do sistema de cultivo (monocultivo). Já a diversidade de mercado foi considerada alta, pois a produção foi comercializada para vários estados brasileiros, como também para o estado de origem, o Rio Grande do Norte, sendo este estado o segundo maior produtor do país.

O Período de Retorno do Capital - PRC, em anos para o tratamento M1, foi negativo em função do Valor Presente Líquido - VPL, onde o mesmo se mostrou impagável para um fluxo de caixa com projeção para vinte anos. O PRC em M3 foi menor que M2 provavelmente em função do menor tempo de cultivo, possibilitando um maior número de ciclos por ano. Bezerra (2017) constatou PRC menor que o encontrado em M3, 4,38 anos no cultivo de camarão no estado do Ceará. Esses valores foram ainda mais elevados que os observados no cultivos desenvolvidos antes da contaminação pela mancha branca, onde foram identificados 2,81 anos para o pagamento do capital investido, pois com produção elevada e custos operacionais reduzidos se viabiliza o retorno do capital em um menor período de tempo. Os valores elevados de PRC em M2 e M3 provavelmente estiveram associados à reduzida biomassa final produzida. Esta redução da produção refletiu numa receita bruta menor o que gerou uma redução nos lucros e consequentemente um tempo mais elevado para o retorno do capital.

Os Índices de Rentabilidade (IR) e Lucratividade (IL) foram inferiores no tratamento M1 quando comparados com M2 e M3, provavelmente em função dos elevados COTs impulsionado pelos valores médios superiores de FCAA. Os índices de lucratividade (IL) foram positivos para os tratamentos M2 e M3, pois para cada R\$ 1,00 gerado na forma de receita foram verificados lucros de R\$ 0,33 e R\$ 0,32, respectivamente. Valores de IL mais elevados que os encontrados nessa pesquisa foram identificados por Bezerra (2017), registrando valores médios de R\$ 1,52, cultivando camarão no estado do Ceará. No entanto, este valor foi menor do que o encontrado por Campos e Campos (2006), que identificaram IL de R\$ 9,4, trabalhando com camarão cultivado em baixa densidade, demonstrando que a

redução da sobrevivência, do FCAA e da produção de biomassa de camarão, como constatado no presente trabalho, podem reduzir os ganhos econômicos da atividade quando praticada na presença do vírus da mancha branca. No que diz respeito ao IR, nos tratamentos M2 e M3, para cada R\$ 1,00 gastos com os custos operacionais foi gerado em RB valores semelhantes aos encontrados por Moura et al. (2016) no cultivo de tilápias em tanques rede no semiárido brasileiro, que identificou índice de 1,35, porém mais elevado que os encontrados por Cacho (2017) que identificou índices de 0,56 também no cultivo de tilápias em tanques rede em reservatório do semiárido brasileiro, provavelmente em função da elevada receita gerada com a venda da produção de camarão a preços elevados em função da baixa oferta do produto. Esse índice está diretamente relacionado a receitas e custos gerados durante o cultivo, ou seja, a sustentabilidade econômica depende de quanto se produz e por quanto se vende a produção, pois esses valores irão refletir diretamente na atratividade econômica da atividade, vale salientar que os lucros observados em M2 e M3 só foram alcançados em função dos valores elevados pagos por quilo de camarão produzido para o período da pesquisa, esses valores elevados foram registrados em função da baixa oferta de camarão, que representou para o período de 2016, uma produção de 52.119 toneladas, com redução de 25,39% em relação a 2015, causada pela Síndrome do Vírus da Mancha Branca - WSSV (IBGE, 2016).

4.3. DIMENSÃO AMBIENTAL

Para a dimensão ambiental, os cultivos apresentaram viabilidade moderada para a maioria dos tratamentos, sendo que M1 foi o tratamento mais viável, apresentando os maiores valores de escores de sustentabilidade para essa dimensão. As dependências de água e de área somadas com o potencial de eutrofização e o acúmulo de material particulado foram fatores que mais reduziram a sustentabilidade ambiental de todos os tratamentos. Esses valores foram mais elevados que os encontrados por Moura et al. (2016), na criação de tilápias em tanques rede no semiárido brasileiro, onde identificaram valores de dependência de água de $4,69 \text{ m}^3 \cdot \text{t}^{-1}$, uso do espaço de $0,0141 \text{ m}^2 \cdot \text{kg}^{-1}$, potencial de eutrofização 56,95 kg de fósforo por tonelada de peixe produzido e 0,079 kg de material particulado por quilograma de peixe produzido. Outros sistemas que têm o cultivo inserido em um corpo de água, como gaiolas e lanternas, também necessitam de uma pequena área para produzir uma tonelada do organismo alvo, como salmões (*Salmo salar*) e outros moluscos (*Crassostrea* spp), já o cultivo praticado em viveiros escavados ou tanques internos, utiliza uma área muito maior gerando um maior

consumo de água (Boyd et al., 2007; Proença, 2013). Desta forma, os sistemas de produção de peixes em tanques-rede no tocante a sustentabilidade ambiental, são menos influenciados pela apropriação deste recurso, se comparados com os sistemas de produção de camarão marinho em viveiros. Sendo assim, o aumento na produtividade de camarão se daria por meio de tecnologias mais eficientes, como o uso de viveiros estufas para cultivos intensivos com bioflocos, produzidos a partir de fontes de carbono, podendo desta forma desempenhar um papel fundamental no desenvolvimento de uma carcinicultura sustentável através de uma melhor manutenção do consumo de água, cultivando em sistema fechados com recirculação, com aumento na qualidade nutricional do alimento gerando maior produção em uma menor área de cultivo e assim obter mais lucros na produção de camarão (Rajkumar, 2016).

Os valores acumulados de fósforo em M1 e M2 foram menores que os encontrados por Proença (2012), que registrou valores de 0,0011 kg de fósforo por quilograma de pescado produzido na produção em policultivo de tilápia com camarão da Amazônia. Esses valores mais elevados podem estar associados a maior biomassa produzida das duas espécies em policultivo, gerando um maior acúmulo de dejetos ricos em fósforo como restos de rações, fezes e carapaças. Em M3 os valores acumulados de fósforo foram semelhantes aos encontrados por Proença (2012), no cultivo de camarões da Amazônia cultivados em berçários, que registrou 0,0024 kg de fósforo por quilograma de pescado produzido. Os valores de fósforo mais elevado em M3 quando comparados a M1 e M2 pode estar relacionado ao primeiro período de cultivo, com elevadas densidades de estocagem de camarão e ao manejo com uso intenso de insumos para fertilização da água dos viveiros ainda na fase do “viveiro estufa”. No tocante a poluição por herbicidas, pesticidas e hormônios, o valor foi considerado igual a zero, uma vez que nenhum destes produtos foi utilizado no sistema em questão, evidenciando que o sistemas produtivos podem ser considerados relativamente sustentáveis do ponto de vista ambiental, no que se refere a este indicador.

Os valores do potencial de eutrofização liberado pelo sistema para todos os tratamentos foram mais elevados que os encontrados por Boyd et al. (2007), cultivando camarão em viveiros escavados e foram menores que os encontrados por Cacho (2017) trabalhando com criação de tilápias em tanques rede no semiárido brasileiro, que identificaram valores médios de 0,038 e 4,38 kg de fósforo por quilograma de pescado produzidos respectivamente. Estes valores mais elevados encontrados em piscicultura de tanques rede podem estar associados à biomassa mais elevada de peixes produzida, se comparada com a biomassa dos camarões, necessitando assim de um aporte maior de rações

rica em fósforo. Além disto, vale salientar que a coleta do material particulado sob os tanques-rede pode ter contribuído para uma maior concentração desse material se comparada com a coleta com as câmaras de sedimentação em viveiros, onde os camarões ficam dispersos.

No presente estudo, a sustentabilidade ambiental dos sistemas produtivos foi influenciada pela geração de resíduos sólidos, visto que grande parte do material particulado produzido em viveiros de camarão é formada por uma ação coletiva de produtos químicos, fertilizantes, excrementos, alimentos não digeridos, organismos indesejados e detritos (Flaherty et al., 2000; Hall, 2004; Paul e Vogl, 2011). As elevadas taxas de sedimentação de material particulado provavelmente estiveram relacionadas à maior oferta de insumos em função do aumento da biomassa de camarão produzida e da condição eutrófica da água dos viveiros dos sistemas de cultivo de camarão marinho.

Durante o período de estudo foram observadas variações na emissão e absorção dos gases do efeito estufa em todos os tratamentos. Apesar de quantitativamente representar menor contribuição que os demais gases, o N_2O foi emitido nos tratamentos M1 e M2 e absorvido em M3. É importante destacar que mesmo emissões reduzidas deste gás podem ser perigosas, visto que o mesmo tem potencial de causar o efeito estufa centenas de vezes maiores que os demais gases. Foi verificada emissão de CH_4 em M2, sendo o mesmo absorvido em M1 e M3. Para o CO_2 , a absorção deste gás foi verificada apenas em M1, sendo o mesmo emitido em M2 e M3. Neste contexto, pôde-se constatar nos cultivos analisados que não houve um padrão nítido no que se refere à emissão e a absorção de gases do efeito estufa. Yang, et al. (2015) relataram que o cultivo de *L. vannamei* em viveiros escavados na China foi fonte de gases do efeito estufa para atmosfera, emitindo grandes quantidades de CH_4 e CO_2 e quantidade reduzida de N_2O . No entanto, Boyd et al., (2010), menciona que os viveiros de aquicultura podem atuar como sumidouros destes gases.

4.4. MODELAGEM DA SUSTENTABILIDADE

Os tratamentos M2 e M3 foram os mais equilibrados e por este motivo receberam os maiores índices de sustentabilidade global, respectivamente. É importante ressaltar, que a sustentabilidade deve ser avaliada de um ponto de vista multicriterial, ou seja, não deve ser avaliada por uma visão individual no espaço multidimensional, devendo ser balanceada através de um sistema produtivo em conformidade com todos os pilares da aquicultura moderna, sejam eles ambientais, sociais ou econômicos, não visando apenas atingir um nível

alto de sustentabilidade em uma única dimensão das demais esferas consideradas. Neste contexto, todos os tratamentos reais (M1, M2 e M3) apresentaram baixa sustentabilidade global, ou seja, ficaram distantes do centro do triângulo de sustentabilidade gerados pelo MULINO Mdss.

Os tratamentos M2 e M3 foram os mais sustentáveis em termos econômicos, provavelmente em função dos menores custos operacionais resultando em lucros, apresentando TIR maior que as taxas de juros praticadas no mercado, ocasionando maiores índices de rentabilidade. M1 foi o tratamento mais favorável ambiental com tendência para o social, apresentando os maiores valores de escores da sustentabilidade gerados pelo *software* MULINO para essas dimensões. O tratamento M1 apresentou sustentabilidade social moderada devido a maior remuneração da mão de obra por produção, provavelmente em função dos elevados custos com mão de obra para se produzir camarão com elevada densidade de estocagem. O maior distanciamento de M1 da sustentabilidade econômica esteve associado aos custos totais operacionais mais elevados, acarretando prejuízos na maioria dos indicadores econômicos.

A metodologia que reúne matizes ou conjuntos de indicadores é, possivelmente, a mais utilizada metodologia para a mensuração da sustentabilidade na aquicultura e suas modalidades, por terem essa visão merística, possibilitam a análise de cada parte do sistema produtivo em separado (Latinopoulos et al., 2012; Almeida, 2013; Rapassó et al., 2015; Ting et al., 2015). Desta forma um dos indicadores que podem ter contribuído para um menor equilíbrio da sustentabilidade absoluta na atividade de carcinicultura marinha em viveiros escavados para os tratamentos reais M1, M2 e M3 pode estar associado a baixa produtividade, o que elevou os custos operacionais na produção, causando redução de mão de obra, fatores estes que não foram identificados nos cultivos desenvolvidos antes da contaminação pela mancha branca. Sendo assim, a sustentabilidade da atividade de cultivo de camarão fica comprometida quando desenvolvida na presença de doenças, como a mancha branca, uma vez que se afeta de forma negativa os resultados zootécnicos esperados na criação.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Todos os tratamentos reais analisados, M1, M2 e M3 não foram sustentáveis se considerarmos simultaneamente as dimensões econômica, ambiental e social da sustentabilidade. O tratamento M1 (elevada densidade de camarões) apresentou reduzida

sustentabilidade econômica, especialmente devido à elevada mortalidade e a reduzida biomassa média individual dos indivíduos ao final do cultivo, provavelmente ocasionados pela infestação do vírus da mancha branca obrigando na redução do tempo de cultivo. Os tratamentos M2 (baixa densidade de camarões) e M3 (alta densidade de camarões, com “viveiro estufa”) apresentaram sustentabilidade econômica mais elevada, provavelmente em função dos baixos índices de empregabilidade, menores custos com pós-larva e rações ocasionando redução nos custos de produção, porém, em função da baixa geração de emprego e das elevadas taxas de nutrientes gerados com a decomposição dos camarões mortos pelo vírus da mancha branca, causou um maior distanciamento da sustentabilidades social e ambiental. Podemos concluir que o monocultivo de camarão quando realizado com elevadas populações iniciais e submetido ao vírus da mancha branca, como foi observado no tratamento M1, não consegue garantir o retorno do capital investido, tornando-se insustentável. A carcinicultura quando praticada com baixas densidades de estocagem de camarões na presença da mancha branca, como os tratamentos M2 e M3, podem ser viáveis economicamente, porém com reduzida geração de emprego e renda, não sendo socialmente justo e com maior impacto ao meio ambiente, devemos salientar ainda que, os preços elevados pagos por quilo de camarão para o período de 2016, ajudaram na sustentabilidade econômica destes tratamentos, pois os preços pagos no período de 2014 a 2015 antes da presença da mancha branca, tornariam M2 e M3 inviáveis economicamente. De uma forma geral, o conjunto de indicadores utilizado foi adequado para avaliar a sustentabilidade da carcinicultura marinha e conseguiu refletir os principais pontos fortes e fracos para a sustentabilidade das diversas formas de estratégias de manejo e densidades adotadas nessa pesquisa. Quanto ao modelo DPSIR, o mesmo foi importante na avaliação da sustentabilidade dos sistemas de cultivo, principalmente por apontar os indicadores mais importantes para o sistema, além de fornecer uma visão holística e conjunta da sustentabilidade nas três dimensões analisadas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, R. **Indicadores de sustentabilidade do cultivo de tilápias-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) em tanques-rede em reservatório tropical**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Aquicultura. Universidade Estadual Paulista, Centro de Aquicultura, 2013.

ARAÚJO, M. C. ; VALENTI, W. C. . Effects of feeding strategy on larval development of the Amazon River prawn *Macrobrachium amazonicum*. **Revista Brasileira de Zootecnia- Brazilian Journal of Animal Science**. v. 46, p. 85-90, 2017.

BESSA JUNIOR, A.P.; AZEVEDO, C.M. da S.B.; PONTES, F.S.T.; HENRY-SILVA, G.G. Polyculture of Nile tilapia and shrimp at different stocking densities. **Rev. Bras. de Zootec.**, v.41, p.1561-1569, 2012.

BEZERRA, M. A. **Indicadores de sustentabilidade na aquicultura brasileira: um estudo de caso na carcinicultura marinha no estado do ceará**. Tese de Doutorado do Programa de Pós- Graduação em Ciências Marinhas Tropicais do Instituto de Ciências do Mar da Universidade Federal do Ceará – Fortaleza/CE. 167p., 2017.

BRITO, L. O.; ARANA, L.A.V.; SOARES, R.B.; SEVERI, W.; MIRANDAR, H.; SILVA, S.M.B.C.; COIMBRA, M.R.M. & GALVEZ, A.O. Water quality, phytoplankton composition and growth of *Litopenaeus vannamei* (Boone) in an integrated biofloc system with *Gracilaria birdiae* (Greville) and *Gracilaria domingensis* (Kützinger). **Aquaculture International**, doi:10.1007/s10499-014-9771-9. 2014.

BRITO, L. O.; CHAGAS, A. M.; SILVA, E. P.; SOARES, R. B.; SEVERI, W.; GALVEZ, A. O. Water quality, *Vibrio* density and growth of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone) in an integrated biofloc system with red seaweed *Gracilaria birdiae* (Greville). **Aquaculture Research**, v. 47, 940–950, 2016.

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.

BOYD, C.E., TUCKER, C., MCNEVIN, A., BOSTICK, K., CLAY, J. Indicators of Resource Use Efficiency and Environmental Performance in Fish and Crustacean **Aquaculture**. **Rev. Fish. Sci.**, v. 15, p. 327–360, 2007.

BUFFON, A. G. M.; TAUKE-TORNISIELO, S. M.; PIÃO, A. C. S. Tempo de vida útil da represa velha da microbacia do córrego da barrinha, Pirassununga, SP, Brasil. **Arquivos do Instituto Biológico**, v.76, n.4, p.673-679, 2009.

CACHO, J. C. S. **O cultivo de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em tanques-rede em reservatório do semiárido brasileiro é sustentável economicamente, socialmente e ambientalmente?** Dissertação de Mestrado em Ciência Animal do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade Federal Rural do Semiárido – Mossoró/RN. 92p. 2017.

CAMPOS, K. C.; CAMPOS, R. T. Alternativa econômica para o novo rural do Nordeste brasileiro: o cultivo do camarão *Litopenaeus vannamei* em água doce. **Rev. GEPEC**, vol. 10, p. 40-53. 2006.

CASTILLO-SORIANO, F. A.; IBARRA-JUNQUERA, V.; ESCALANTEMINAKATA, P.; MENDOZA-CANO, O.; ORNELAS-PAZ, J. J.; ALMANZARAMÍREZ, J.C.; MEYER-WILLERER, A. O. Nitrogen dynamics model in zero water exchange, low salinity intensive ponds of white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, at Colima, México. **Latin American Journal Aquatic Research**, v. 41, n. 1, p. 68-79, 2013.

FAO (Fisheries and Aquaculture Department). The State of World Fisheries and aquaculture (SOFIA). Rome: **Fisheries and Aquaculture Department**, p. 253, 2016.

FERNANDES, J. B. **Análise da sustentabilidade econômica e social na produção extensiva de ostras em uma região subtropical**. 78 f. Dissertação (Mestrado em Aquicultura) – Universidade Estadual Paulista, Centro de Aquicultura, Jaboticabal, 2013.

FLAHERTY, M., SZUSTER, B., MILLER, P. Low salinity inland shrimp farming in Thailand. **Ambio**, v.29, p. 174-179, 2000.

GIUPPONI, C. Decision Support Systems for Implementing the European Water Framework Directive: the MULINO approach. **Environmental Modeling and Software**, v.22, p.248-258, 2007.

GOLTERMAN, H. L.; CLIMO, R. S.; OHNSTAD, M. A. M. Methods for physical and chemical analysis of fresh waters. 2.ed. Oxford: **IBP**, p. 213, 1978.

HALL, D. Explaining the diversity of Southeast Asian shrimp aquaculture. **J. Agrar. Change**. v. 4, p. 315-335, 2004.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção aquícola 2016**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/economicas/agricultura-e-pecuaria/9107-producao-da-pecuaria-municipal.html>> . Acesso em: 10 de novembro de 2017.

IISD. Sustainable development goals: IISD perspectives on the 2030 – Agenda for sustainable development. Disponível em: <http://www.iisd.org/library/iisd-perspectives-2030-agenda-sustainable-development>> Acessado em 19 de Março de 2017.

KOROLEFF, F. Determination of nutrients. In: GRASSHOFF, K. (Ed.). *Methods of seawater analysis*. New York: **Verlag Chemie Weinheim**, p.117-181. 1976.

LATINOPOULOS, D.; KONSTANTINOU, Z.; KRESTENITIS, Y. Simulation and multicriteria analysis in sustainable coastal planning: the case of aquaculture in Thermaikos Gulf, Greece. **Environment, Development and Sustainability**, vol. 14, p.1027-1045, 2012.

LEU, J.H.; YANG, F.; ZHANG, X.; XU, X.; KOU, G.H.; LO, C.F. Whispovirus. Curr. Top. Microbiol. **Immunol.**, v. 328, p. 197–227, 2009.

LO, C.F.; CHANG, Y.S.; PENG, S.E.; KOU, G.H. Major viral diseases of *Penaeus monodon* in Taiwan. **J. Fish. Soc. Taiwan**, v. 30, p. 1–13, 2003.

MACKERETH, F. J. H.; HERON, J.; TALLING, J. F. **Water analysis: some revised methods for limnologists**. London: Freshwater Biological Association, 121p. 1978.

MAIA, E. P.; MODESTO, G. A.; BRITO, L. O.; GALVEZ, A. O. et al. Intensive culture system of *Litopenaeus vannamei* in commercial ponds with zero water exchange and addition of molasses and probiotics. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, v. 51, n. 1, p. 61-67, 2016.

MOURA, R. S. T.; VALENTI, W. C.; HENRY-SILVA, G. G. Sustainability of Nile tilapia net-cage culture in a reservoir in a semi-arid region. **Ecolog. Indic.**, v. 66, p. 574–582, 2016.

NOBRE, A. M.; ROBERTSON-ANDERSSON, D.; NEORI, A.; SANKAR, K. Ecological-economic assessment of aquaculture options: comparison between abalone monoculture and integrated multi-trophic aquaculture of abalone and seaweeds. *Aquaculture*, v.306, p.116-126, 2010.

NUNAN, L.; LIGHTNER, D.; PANTOJA, C.; GÓMEZ-JIMÉNEZ, S.; 2014. Detection of acute hepatopancreatic necrosis disease (AHPND) in Mexico. **Dis. Aquat. Org.** v. 111, p. 81–86, 2014.

PAUL, B. G.; VOGL, C. R. Impacts of shrimp farming in Bangladesh: Challenges and alternatives. **Ocean & Coastal Management**, v. 54, p.201-211, 2011.

PEREIRA, L.A.; ROCHA, R.M. **Revista Ambiente e Sociedade**. v.18, n.3, São Paulo, Jul-Set, 2015.

PROENÇA, D. C. **Aplicação de indicadores e índices para avaliar a sustentabilidade ambiental em um sistema de aquicultura integrado e multitrófico, com diferentes substratos**. Dissertação (Mestrado em Aquicultura) – Universidade Estadual Paulista, Centro de Aquicultura, Jaboticabal, 33p.,2013.

PROENÇA, D.C., 2012. Sustentabilidade ambiental do cultivo do camarão-da-amazônia em berçários. Universidade Estadual Paulista - UNESP.

RAPASSÓ, M.; HERNÁNDEZ, J.M. Bioeconomic analysis of the environmental impact of a marine fish farm. **Journal of Environmental Management**, v. 158, p. 24-35, 2015.

RAJKUMAR, M.; PANDEY, P. K.; ARAVIND, R.; VENNILA, A.; VIVEKANAND BHARTI, V.; PURUSHOTHAMAN, C. S. Effect of different biofloc system on water quality, biofloc composition and growth performance in *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931). **Aquaculture Research**, , v. 47, p. 3432–3444, 2016.

ROCHA, I.P. Uma análise da importância da aquicultura e de forma especial, da carcinicultura, para o fortalecimento do setor pesqueiro e da sócio economia primária brasileira. **Revista da ABCC**, Recife, ano 9, nov. 2014.

SAMOCHA, T. M.; MORRIS, T. C.; KIM, J. S.; CORREIA, E. S.; ADVENT, B. Avanços recentes na operação de raceways superintensivos dominados por bioflocos e com renovação zero para a produção do camarão branco do pacífico *Litopenaeus vannamei*. **Revista da ABCC**, v. 13, p. 62- 67, 2011.

SANCHES, E.G.; SILVA, F. C.; RAMOS, A. P. F. A. RAMOS. Viabilidade econômica do cultivo do robalo-flecha em empreendimentos de carcinicultura no Nordeste do Brasil. **Bol. Inst. Pesca**, v. 40, p. 577 -588, 2014.

SANCHES, E.G., TOSTA, G.A.M., SOUZA-FILHO, J.J. Viabilidade econômica da produção de formas jovens de bijupirá (*Rachycentron canadum*). **Bol. Inst. de Pesca**, v. 39, p. 15-23, 2013.

SANTOS, R.D.; LEMOS, R.C.; SANTOS, H.G.; KER, J.C., ANJOS, L.H.C. Manual de descrição e coleta de solo no campo. Viçosa, MG, **SBCS/EMBRAPA/CNPS**, v.5, p. 100, 2005.

TING, K.-H; LIN, K.-L.; JHAN, H.-T.; HUANG, T.-J; WANG, C.-M.; LIU, W.-H. Application of a Sustainable Fisheries Development Indicator System for Taiwan's Aquaculture Industry. **Aquaculture**. 437, p. 398–407, 2015.

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. **Dis. Aquat. Org.**, v. 105, p. 45–55, 2013.

VALENTI, W.C.; KIMPARA, J.M.; PRETO, B.L. Measuring aquaculture sustainability. **World Aquaculture Society Magazine**, v.43, n.3, 2011.

VALDERRAMA. D.; ENGLE, C.R. Economic optimization of shrimp farming in Honduras. **Journal of the World Aquaculture Society**, Baton Rouge/USA, v. 33, n. 4, p. 398-404, 2002.

YANG, P.; HE, Q.; HUANG, J.; TONG, C. Fluxes of greenhouse gases at two different aquaculture ponds in the coastal zone of southeastern China. **Atmospheric Environment**, 115, 269-277, 2015.

APÊNDICE I – LISTA DOS INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE SOCIAL

1. Equidade Salarial (ES): coeficiente de variação (CV) da remuneração individual da mão-de-obra (inclusive do empresário). Quanto menor o CV mais sustentável.

$$ES = 1 - (\text{Desvio padrão dos salários} / \text{Média dos salários})$$

2. Custo proporcional do trabalho (CPT): porcentagem do custo de produção (ou do “breakeven price”) que corresponde à remuneração do trabalho.

$$CPT = \text{Remuneração da mão-de-obra (inclui trabalho familiar)} / \text{custo de produção}$$

3. Distribuição da renda (DR): relação entre o valor pago como salários + encargos + benefícios sociais (ex. plano de saúde) e o lucro gerado. O indicador mostra para cada R\$ de lucro do empresário quantos R\$ são distribuídos para os trabalhadores.

$$DR = \text{salários} + \text{encargos} + \text{benefícios sociais} / \text{Lucro}$$

4. Remuneração do trabalho por unidade de produção (RTUP): Relação entre o valor pago em remuneração de mão-de-obra, inclusive do proprietário, e a produção;

$$RTUP = \text{valor pago em remuneração de mão-de-obra} / \text{massa de pescado produzido}$$

Indicadores de Inclusão Social (5 a 7)

Os dados da composição social da população local serão obtidos no banco de dados do IBGE e as quantidades dos postos de trabalhos ocupados pela população local nos registros dos empreendimentos.

5. Inclusão Racial (IR): Composição racial dos postos de trabalho ocupados pela população local / composição racial da população local

$$IR = \sum \min \{a,b\}$$

sendo:

min = valor mínimo

a = proporção de um grupo racial empregado no empreendimento

b = proporção do mesmo grupo racial na comunidade local

Serão considerados inicialmente as cinco principais etnias do Brasil: Brancos, Pardos, Negros, Amarelos e Indígenas. Outros podem ser usados se houver representatividade. IR vai variar entre 0 e 1 e quanto maior for, maior será a inclusão racial.

6. Inclusão de Gênero (IG): Composição genérica dos postos de trabalho ocupados pela população local / composição genérica da população local

$$IG = \sum \min \{a,b\}$$

sendo:

min = valor mínimo

a = proporção de um sexo entre os empregados no empreendimento

b = proporção do mesmo sexo na comunidade local

7. Inclusão Etária (IE): Composição etária dos postos de trabalho ocupados pela população local / composição etária da população local

$$IE = \sum \min \{a,b\}$$

sendo:

min = valor mínimo

a = proporção de uma classe etária entre os empregados no empreendimento

b = proporção da mesma classe etária na comunidade local

Serão consideradas as classes etárias: jovens (14 a 21 anos), adultos (22 a 40), meia idade (40 a 60) e velhos (>60).

8. Trabalho requerido por unidade de área ocupada (TPA)

$TPA = \text{homens-hora por ano} / \text{área ocupada}$

9. Trabalho requerido por unidade de produção (TUP): mede a quantidade de mão-de-obra necessária (inclui proprietário, se ele trabalhar no negócio) para produzir cada unidade de produção.

$TUP = \text{homens-hora} / \text{massa de pescado produzido}$

10. Geração de ocupação direta (GOD): mede o número de postos de trabalho diretos criados por unidade de capital investido;

$GOD = \text{número de empregos e auto-empregos diretos} / \text{investimento}$

11. Geração total de postos de trabalho (GODI): mede o número total de postos de trabalho (diretos + indiretos) criados por unidade de capital investido;

$GODI = \text{número de empregos e auto-empregos diretos + indiretos} / \text{investimento}$

12. Proporção de auto-empregos (AE): Mede a proporção de postos de trabalho gerados, nos quais o trabalhador é o proprietário do seu negócio.

$AE = \text{número de auto-empregos} / \text{número total de postos de trabalho}$

13. Uso de mão-de-obra local (ML): mede a proporção número de postos de trabalho gerados que permite recrutamento entre população local, considerando sua cultura, nível de escolaridade e habilidades.

$ML = \text{postos de trabalho adequados à mão-de-obra local} / \text{número total de postos de trabalho}$

14. Fixação de renda na economia local (FR): mede a proporção das compras de insumos, produtos, equipamentos etc, que são feitas no mercado local, exceto mão-de-obra.

FR = aquisições no mercado local / total de aquisições

15. Consumo local (CL): Parcela da produção, que é vendida e consumida no mercado local. Esse indicador mede a melhoria na disponibilidade de alimentos para a comunidade local.

CL = produção consumida no mercado local / produção total

16. Acesso a programas de Saúde (APS)

APS = nº. de empregados e proprietários com plano de saúde / nº. total de empregados e proprietários

17. Escolaridade (E)

E = nº. de empregados que estudam / nº. total de empregados

18. Permanência na Atividade (PA)

PA = tempo médio de permanência de cada trabalhador no setor da aquicultura (em anos)

19. Participação em atividades externas comunitárias (PAC), ex. sindicatos, comunidades de base, atividades sociais, clubes etc.

PAC = nº. de trabalhadores que participam de atividades comunitárias / nº. total de trabalhadores

20. Segurança do trabalho (ST): quantifica as medidas de prevenção de acidentes.

ST = nº. de equipamentos, ações e práticas que dão segurança ao trabalhador presentes no empreendimento / nº. de equipamentos, ações e práticas que dão segurança ao trabalhador analisadas.

Serão analisadas sempre que pertinente os seguintes itens:

1. Uso de colete salva vida.
2. Uso de óculos de proteção solar
3. Uso de óculos de proteção contra lama, escamas, etc..
4. Uso de luva pigmentada
5. Uso de bota impermeável e antiderrapante
6. Uso de roupa própria para permanência ao sol ou a chuva
7. Uso de equipamentos que aliviem o esforço físico
8. Uso de iluminação adequada nos locais.
9. Uso de instalação elétrica e hidráulica apropriada.
10. Uso de máquinas, equipamentos, implementos, mobiliários e ferramentas devem proporcionar ao trabalhador condições de boa postura, visualização, movimentação e operação.
11. Uso de máquinas e equipamentos por profissional qualificado.
12. Uso de avental de proteção quando indicado
13. Garantidas pausas para descansos para as atividades que forem realizadas necessariamente em pé.
14. Caixa de primeiros socorros bem equipada e de fácil acesso
15. Sinalização de eventuais áreas de perigo.

APÊNDICE II – LISTA DOS INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE ECONÔMICA:

1. Receita bruta: que corresponde ao valor da produção obtida por hectare;
2. Custos Operacionais Totais (CTO): soma dos custos fixos e variáveis gastos durante o cultivo;
3. Relação Renda / Investimento (RRI): mede a renda gerada por unidade de capital investido.

$$RRI = \text{Renda Anual} / \text{Investimento Inicial}$$

Indicadores de viabilidade econômica tradicionais (2 a 6) (Shang, 1990; Jolly & Clonts, 1993)

4. Taxa Interna de Retorno (TIR):

$$\sum_{i=0}^n \frac{B_i - C_i}{(1 + TIR)^i} = 0$$

Sendo:

B_i = Benefício total no ano i , (receitas)

C_i = Custo total no ano i (capital + despesas operacionais);

n = horizonte do empreendimento.

5. Período de Retorno do Capital (PRC)

$$\sum_{i=0}^j FLC_i = 0$$

Sendo:

j = PRC, em anos;

FLC_i = Fluxo líquido anual do empreendimento no ano i ;

$i = 0, 1, 2, \dots, j, \dots, n$.

6. Relação Benefício/Custo (RBC)

$$RBC = \frac{\sum_{i=0}^n \frac{Y_i}{(1+r)^i}}{\sum_{i=0}^n \frac{K_i}{(1+r)^i}}$$

Sendo:

Y_i = Benefício líquido anual no ano i (receita bruta menos as despesas operacionais);

K_i = Capital investido no ano i (investimento inicial mais reinvestimentos);

r = taxa de desconto do empreendimento (taxa de atratividade);

n = horizonte do empreendimento.

7. Valor Presente Líquido

$$VPL = \sum_{i=0}^n \frac{B_i - C_i}{(1+r)^i}$$

Sendo:

B_i = Benefício total no ano i , (receitas);

C_i = Custo total no ano i (capital + despesas operacionais);

r = taxa de desconto do empreendimento (taxa de atratividade);

n = horizonte do empreendimento;

$i = 0, 1, 2, \dots, n$.

8. Lucro (L): Receita Bruta (RB) menos o Custo Total (CT) de produção (Custos fixos + Custos variáveis)

$$L = RB - CT$$

9. Índice de Rentabilidade: que é a receita bruta (RB) dividido pelos custos totais operacionais (CTO);

10. Índice de Lucratividade: calculado dividindo-se o LO pela RB

11. Diversidade de Produtos (DP): número de produtos oferecidos pelo empreendimento. ex. nº. de espécies de pescado, outros produtos agropecuários e/ou serviços.

$$DP = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, \dots, n\}$$

12. Diversidade de Mercados (DM): número de mercados que absorvem a produção. Ex. exportação, atacadistas, hotéis e restaurantes.

$$DM = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, \dots, n\}$$

APÊNDICE III – LISTA DOS INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL

Indicadores para medir o uso de recursos

1. Uso do Espaço: área usada (ha, m²) por unidade de produção (kg, t, etc)

$$E = \text{área usada} / \text{produção}$$

2. Dependência de Água: Volume de água usado por unidade de produção

$$A = \text{volume usado} / \text{produção}$$

3. Proporção de Energia Renovável (PER): Mede a proporção de energia que pode ser repostada (ex. Energia Solar, Energia Eólica, Energia das Marés, Alimento, Fertilização Orgânica, Alcool, Biodiesel etc)

$$\text{PER} = \text{energia renovável} / \text{total de energia aplicada}$$

Indicadores para medir poluentes liberados no ambiente

4. Potencial de Eutrofização (PE)

$$\text{PE} = \text{Carga de P} = \text{massa de P liberada nos efluentes} / \text{massa do pescado produzido}$$

Potencial de Poluição Química

5. Poluição geral (PPQ)

$$\text{PPQ} = \text{Carga de produtos químicos aplicados} = \text{massa de herbicidas, inseticidas, anti-algas, anti-bióticos e outros químicos} / \text{massa do pescado produzido};$$

6. Poluição por hormônios (PPH)

PPH = Carga de hormônios = massa de hormônios aplicados / massa do pescado produzido.

Indicadores para medir poluentes acumulados no sedimento do corpo de água usado

7. Acumulo de fósforo (AP)

AP = Carga de P acumulado no sedimento = massa de P / massa do pescado produzido;

8. Acumulo de Matéria Orgânica (AMO)

AMO = Carga de Matéria Orgânica acumulada no sedimento = massa de Matéria Orgânica / massa do pescado produzido;

9. Acúmulo de Material Particulado (AMP)

AMP = Carga de Material Particulado acumulada no sedimento = massa de Material Particulado / massa do pescado produzido.

Indicadores para medir a conservação genética e da biodiversidade

10. Risco da Espécie Cultivada (REC)

REC = {1, 2, 3, 4, 5, 6 ou 8}

1 = Linhagem local em sistema aberto ou fechado

2 = Espécie da mesma bacia em sistema fechado

3 = Espécie da mesma bacia em sistema aberto

4 = Espécie alóctone, espécie local com variabilidade genética reduzida, ou híbridos (de espécies locais ou alóctones) em sistema fechado

5 = Espécie alóctone, espécie local com variabilidade genética reduzida, ou híbridos (de espécies locais ou alóctones) em sistema aberto

6 = Variedade transgênica de qualquer espécie em sistema fechado

8 = Variedade transgênica de qualquer espécie em sistema aberto