



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE
INSTITUTO DE OCEANOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA



EFEITO DA SUPLEMENTAÇÃO DAS MICROALGAS MARINHAS *Conticribra weissflogii* E *Nannochloropsis oceanica* NO TEOR DE LIPÍDEOS E ÁCIDOS GRAXOS E NO CRESCIMENTO DO CAMARÃO BRANCO *Litopenaeus vannamei* EM SISTEMAS DE BIOFLOCOS (BFT)

FRANCIANNY SILVA DA COSTA

RIO GRANDE, RS
AGOSTO, 2017

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE
INSTITUTO DE OCEANOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA

EFEITO DA SUPLEMENTAÇÃO DAS MICROALGAS MARINHAS *Conticribra weissflogii* E *Nannochloropsis oceanica* NO TEOR DE LIPÍDEOS E ÁCIDOS GRAXOS E NO CRESCIMENTO DO CAMARÃO BRANCO *Litopenaeus vannamei* EM SISTEMAS DE BIOFLOCOS (BFT)

FRANCIANNY SILVA DA COSTA

Orientador: Prof. Dr. Paulo César Abreu

Co-orientador: Prof. Dr. Wilson Wasielesky

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Aquicultura no Programa de Pós-graduação em Aquicultura da Universidade Federal de Rio Grande.

RIO GRANDE, RS

AGOSTO, 2017

Ata de Aprovação

Ficha catalográfica

C837e Costa, Francianny Silva da.
Efeito da suplementação das microalgas marinhas *Conticribra weissflogii* e *Nannochloropsis oceanica* no teor de lipídeos e ácidos graxos e no crescimento do camarão branco *Litopenaeus vannamei* em sistemas de bioflocos (BFT) / Francianny Silva da Costa. – 2017.
85 p.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande – FURG, Programa de Pós-graduação em Aquicultura, Rio Grande/RS, 2017.
Orientador: Dr. Paulo César Abreu.
Coorientador: Dr. Wilson Wasielesky.

1. Microalgas marinhas 2. *Nannochloropsis oceanica* 3. *Conticribra weissflogii* 4. BFT 5. camarão-branco 6. *Litopenaeus vannamei* I. Abreu, Paulo César II. Wasielesky, Wilson III. Título.

CDU 664.95

ÍNDICE

LISTA DE TABELAS	VII
LISTA DE FIGURAS	IX
AGRADECIMENTOS	XV
RESUMO	XVI
ABSTRACT	XVIII
1. INTRODUÇÃO.....	20
2. Objetivos.....	23
2.1 Objetivo geral	23
2.2 Objetivos específicos.....	23
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	24
3.1 Local e instalações.....	24
3.2 Produções das microalgas.....	24
3.2.1 Concentração da biomassa de <i>N. Oceanica</i>	25
3.2.2 Biomassa úmida.....	25
3.2.3 Biomassa seca.....	25
3.2.4 Abundância de microalgas	25
3.3 Adições de microalgas.....	26
3.4 Parâmetros de qualidade de água.....	26
3.5 Extração e quantificação dos lipídeos	27
3.6 Determinações do perfil de ácidos graxos.....	27
3.8. Desenho experimental	28
3.8.1. Experimento 1 – Suplementação com as microalgas <i>Nannochloropsis oceanica</i> e <i>Conticribra weissflogii</i> – pós-larvas de (0,014 ± 0,01 g).....	28
3.8.2. Experimento 2 – Suplementação com as microalgas <i>nannochloropsis oceanica</i> e <i>conticribra weissflogii</i> – pós-larvas (0,70 ± 0,30 g).....	29
3.8.3 Experimento 3 – Suplementação com microalga úmida de <i>Nannochloropsis oceanica</i> em meio BFT e água clara	30
3.9 Análises estatísticas:.....	30
4. RESULTADOS	31
4.1. Experimento 1	31

4.1.1 <i>Conticribra weissflogii</i>	31
4.1.2 <i>Nannochloropsis oceanica</i>	38
4.2. Experimento 2	45
4.2.1. <i>Conticribra weissflogii</i>	45
4.2.1.1 Teores de lipídeo e ácidos graxos.....	52
4.2.2. <i>Nannochloropsis oceanica</i>	53
4.2.2.1 Teores de lipídeo e ácidos graxos.....	60
4.3 Experimento 3	61
4.3.1 Teores de lipídeo e ácidos graxos dos bioflocos e microalga.....	68
4.3.2 Teores de lipídeo e ácidos graxos dos camarões	69
5. DISCUSSÃO	70
5.1 Qualidade da água	71
5.2 Índices zootécnicos.....	75
5.3 Lipídeos e ácidos graxos	76
6. CONCLUSÃO.....	79
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	80

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1: Parâmetros de desempenho zootécnico dos camarões *L. vannamei* durante o experimento com a microalga *Conticribra weissflogii* nos tratamentos TS (microalga seca), TU (microalga úmida), TM (microalga meio de cultivo), TC (controle). Os dados são correspondentes a média de 3 repetições \pm desvio padrão. Letras diferentes na mesma linha indicam que as médias diferem estatisticamente ($p < 0,05$).....37
- Tabela 2: Parâmetros de desempenho zootécnico dos camarões *L. vannamei* durante o experimento com a microalga *Nannochloropsis oceanica* nos tratamentos TS (microalga seca), TU (microalga úmida), TM (microalga meio de cultivo), TC (controle). Os dados são correspondentes a média de 3 repetições \pm desvio padrão. Letras diferentes na mesma linha indicam que as médias diferem estatisticamente ($p < 0,05$).....45
- Tabela 3: Parâmetros de desempenho zootécnico dos camarões *L. vannamei* durante o experimento com a microalga *Conticribra weissflogii* nos tratamentos TS (microalga seca), TU (microalga úmida), TM (microalga meio de cultivo), TC (controle). Os dados são correspondentes a média de 3 repetições \pm desvio padrão. Letras diferentes na mesma linha indicam que as médias diferem estatisticamente ($p < 0,05$).....52
- Tabela 4. Valores médios (\pm DP) do percentual de lipídeos da biomassa seca e perfil de ácidos graxos no músculo dos camarões suplementado com a microalga *Conticribra weissflogii* nos tratamentos TC (controle), TS (microalga seca), TU (microalga úmida), TM (microalga meio de cultivo). Diferentes letras na mesma linha indicam diferença significativa ($p < 0,05$).....53
- Tabela 5: Parâmetros de desempenho zootécnico dos camarões *L. vannamei* durante o experimento com a microalga *Nannochloropsis oceanica* nos tratamentos TS (microalga seca), TU (microalga úmida), TM (microalga meio de cultivo), TC (controle). Os dados são correspondentes a média de 3 repetições \pm desvio padrão. Letras diferentes na mesma linha indicam que as médias diferem estatisticamente ($p < 0,05$).....59
- Tabela 6: Valores médios (\pm DP) do percentual de lipídeos da biomassa seca e perfil de ácidos graxos no músculo dos camarões suplementada com a microalga

<i>Nannochloropsis oceanica</i> nos tratamentos TC (controle), TS (microalga seca), TU (microalga úmida), TM (microalga meio de cultivo). Diferentes letras na mesma linha indicam diferença significativa ($p < 0,05$).....	60
Tabela 7: Parâmetros de desempenho zootécnico dos camarões <i>L. vannamei</i> durante o experimento com a microalga <i>Nannochloropsis oceanica</i> nos tratamentos TBFT (bioflocos), TBM (bioflocos com microalga úmida), TAC (água clara), TAM (água clara com microalga úmida). Os dados são correspondentes a média de 3 repetições \pm desvio padrão. Letras diferentes na mesma linha indicam que as médias diferem estatisticamente ($p < 0,05$).....	68
Tabela 8: Valores médios (\pm DP) do percentual de lipídeos por biomassa seca e perfil de ácidos graxos na biomassa seca dos bioflocos nos tratamentos Bioflocos (TBFT), Bioflocos com microalga (TBM) e da microalga utilizada no experimento. Diferentes letras na mesma linha indicam diferença significativa ($p < 0,05$).....	69
Tabela 9: Valores médios (\pm DP) do percentual de lipídeos da biomassa seca e perfil de ácidos graxos no músculo dos camarões nos tratamentos Bioflocos (TBFT), Bioflocos com microalga (TBM), Água clara com microalga (TAM) e Água clara (TAC) e Controle, obtido dos camarões no início do experimento. Diferentes letras na mesma linha indicam diferença significativa ($p < 0,05$).....	70

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1: Valores médios (\pm DP) diários de Temperatura ($^{\circ}$ C) nos tratamentos TS (microalga seca), TU (microalga úmida) TM (microalga meio de cultivo) e TC (Controle), durante 32 dias de experimento. Valores médios \pm desvio padrão para três repetições.....31
- Figura 2: Valores médios (\pm DP) de salinidade (‰) nos tratamentos TS (microalga seca), TU (microalga úmida), TM (microalga meio de cultivo) e TC (Controle), durante 32 dias de experimento. Valores médios \pm desvio padrão para três repetições.....32
- Figura 3: Valores médios (\pm DP) diários de oxigênio (mg.L^{-1}) nos tratamentos TS (microalga seca), TU (microalga úmida), TM (microalga meio de cultivo) e TC (Controle), durante 32 dias de experimento. Valores médios \pm desvio padrão para três repetições.....32
- Figura 4: Valores médios (\pm DP) diários de amônia (mg.L^{-1}) nos tratamentos TS (microalga seca), TU (microalga úmida), TM (microalga meio de cultivo) e TC (Controle), durante 32 dias de experimento. Valores médios \pm desvio padrão para três repetições.....33
- Figura 5: Valores médios (\pm DP) diários de nitrito (mg.L^{-1}) nos tratamentos TS (microalga seca), TU (microalga úmida), TM (microalga meio de cultivo) e TC (Controle), durante 32 dias de experimento. Valores médios \pm desvio padrão para três repetições.....34
- Figura 6: Valores médios (\pm DP) de nitrato (mg.L^{-1}) nos tratamentos TS (microalga seca), TU (microalga úmida), TM (microalga meio de cultivo) e TC (Controle), durante 32 dias de experimento. Valores médios \pm desvio padrão para três repetições.....34
- Figura 7: Valores médios (\pm DP) de fosfato (mg.L^{-1}) nos tratamentos TS (microalga seca), TU (microalga úmida), TM (microalga meio de cultivo) e TC (Controle), durante 32 dias de experimento. Valores médios \pm desvio padrão para três repetições.....35
- Figura 8: Valores médios (\pm DP) de pH nos tratamentos TS (microalga seca), TU (microalga úmida), TM (microalga meio de cultivo) e TC (Controle), durante 32 dias de experimento. Valores médios \pm desvio padrão para três repetições.....35
- Figura 9: Valores médios (\pm DP) de alcalinidade (mg.L^{-1}) nos tratamentos TS (microalga seca), TU (microalga úmida), TM (microalga meio de cultivo) e TC (Controle),

durante 32 dias de experimento. Valores médios \pm desvio padrão para três repetições.....	36
Figura 10: Valores médios (\pm DP) de SST (mg.L^{-1}) nos tratamentos TS (microalga seca), TU (microalga úmida), TM (microalga meio de cultivo) e TC (Controle), durante 32 dias de experimento. Valores médios \pm desvio padrão para três repetições.....	37
Figura 11: Valores médios (\pm DP) diários de Temperatura ($^{\circ}$ C) nos tratamentos TS (microalga seca), TU (microalga úmida) TM (microalga meio de cultivo) e TC (Controle), durante 32 dias de experimento. Valores médios \pm desvio padrão para três repetições.....	38
Figura 12: Valores médios (\pm DP) de salinidade ($\%$) nos tratamentos TS (microalga seca), TU (microalga úmida), TM (microalga meio de cultivo) e TC (Controle), durante 32 dias de experimento. Valores médios \pm desvio padrão para três repetições.....	39
Figura 13: Valores médios (\pm DP) diários de oxigênio (mg.L^{-1}) nos tratamentos TS (microalga seca), TU (microalga úmida) TM (microalga meio de cultivo) e TC (Controle), durante 32 dias de experimento. Valores médios \pm desvio padrão para três repetições.....	39
Figura 14: Valores médios (\pm DP) diários de amônia (mg.L^{-1}) nos tratamentos TS (microalga seca), TU (microalga úmida) TM (microalga meio de cultivo) e TC (Controle), durante 32 dias de experimento. Valores médios \pm desvio padrão para três repetições.....	40
Figura 15: Valores médios (\pm DP) diários de nitrito (mg.L^{-1}) nos tratamentos TS (microalga seca), TU (microalga úmida) TM (microalga meio de cultivo) e TC (Controle), durante 32 dias de experimento. Valores médios \pm desvio padrão para três repetições.....	41
Figura 16: Valores médios (\pm DP) de nitrato (mg.L^{-1}) nos tratamentos TS (microalga seca), TU (microalga úmida) TM (microalga meio de cultivo) e TC (Controle), durante 32 dias de experimento. Valores médios \pm desvio padrão para três repetições.....	41
Figura 17: Valores médios (\pm DP) de fosfato (mg.L^{-1}) nos tratamentos TS (microalga seca), TU (microalga úmida) TM (microalga meio de cultivo) e TC (Controle), durante 32 dias de experimento. Valores médios \pm desvio padrão para três repetições.....	42

- Figura 18: Valores médios (\pm DP) diários de pH nos tratamentos TS (microalga seca), TU (microalga úmida) TM (microalga meio de cultivo) e TC (Controle), durante 32 dias de experimento. Valores médios \pm desvio padrão para três repetições.....43
- Figura 19: Valores médios (\pm DP) de alcalinidade (mg.L^{-1}) nos tratamentos TS (microalga seca), TU (microalga úmida) TM (microalga meio de cultivo) e TC (Controle), durante 32 dias de experimento. Valores médios \pm desvio padrão para três repetições.....43
- Figura 20: Valores médios (\pm DP) de SST (mg.L^{-1}) nos tratamentos TS (microalga seca), TU (microalga úmida) TM (microalga meio de cultivo) e TC (Controle), durante 32 dias de experimento. Valores médios \pm desvio padrão para três repetições.....44
- Figura 21: Valores médios (\pm DP) diários de Temperatura ($^{\circ}$ C) nos tratamentos TS (microalga seca), TU (microalga úmida) TM (microalga meio de cultivo) e TC (Controle), durante 15 dias de experimento. Valores médios \pm desvio padrão para três repetições.....46
- Figura 22: Valores médios (\pm DP) de salinidade ($\%$) nos tratamentos TS (microalga seca), TU (microalga úmida), TM (microalga meio de cultivo) e TC (Controle), durante 15 dias de experimento. Valores médios \pm desvio padrão para três repetições.....46
- Figura 23: Valores médios (\pm DP) diários de oxigênio (mg.L^{-1}) nos tratamentos TS (microalga seca), TU (microalga úmida) TM (microalga meio de cultivo) e TC (Controle), durante 15 dias de experimento. Valores médios \pm desvio padrão para três repetições.....47
- Figura 24: Valores médios (\pm DP) diários de amônia (mg.L^{-1}) nos tratamentos TS (microalga seca), TU (microalga úmida) TM (microalga meio de cultivo) e TC (Controle), durante 15 dias de experimento. Valores médios \pm desvio padrão para três repetições.....48
- Figura 25: Valores médios (\pm DP) diários de amônia (mg.L^{-1}) nos tratamentos TS (microalga seca), TU (microalga úmida) TM (microalga meio de cultivo) e TC (Controle), durante 15 dias de experimento. Valores médios \pm desvio padrão para três repetições.....48
- Figura 26: Valores médios (\pm DP) de nitrato (mg.L^{-1}) nos tratamentos TS (microalga seca), TU (microalga úmida) TM (microalga meio de cultivo) e TC (Controle),

durante 15 dias de experimento. Valores médios \pm desvio padrão para três repetições.....	49
Figura 27: Valores médios (\pm DP) de fosfato (mg.L^{-1}) nos tratamentos TS (microalga seca), TU (microalga úmida) TM (microalga meio de cultivo) e TC (Controle), durante 15 dias de experimento. Valores médios \pm desvio padrão para três repetições.....	49
Figura 28: Valores médios (\pm DP) diárias de pH nos tratamentos TS (microalga seca), TU (microalga úmida) TM (microalga meio de cultivo) e TC (Controle), durante 15 dias de experimento. Valores médios \pm desvio padrão para três repetições.....	50
Figura 29: Valores médios (\pm DP) de alcalinidade (mg.L^{-1}) nos tratamentos TS (microalga seca), TU (microalga úmida) TM (microalga meio de cultivo) e TC (Controle), durante 15 dias de experimento. Valores médios \pm desvio padrão para três repetições.....	51
Figura 30: Valores médios (\pm DP) de SST (mg.L^{-1}) nos tratamentos TS (microalga seca), TU (microalga úmida) TM (microalga meio de cultivo) e TC (Controle), durante 15 dias de experimento.....	51
Figura 31: Valores médios (\pm DP) diários de temperatura ($^{\circ}$ C) nos tratamentos TS (microalga seca), TU (microalga úmida) TM (microalga meio de cultivo) e TC (Controle), durante 15 dias de experimento. Valores médios \pm desvio padrão para três repetições.....	54
Figura 32: Valores médios (\pm DP) de salinidade (‰) nos tratamentos TS (microalga seca), TU (microalga úmida), TM (microalga meio de cultivo) e TC (Controle), durante 15 dias de experimento. Valores médios \pm desvio padrão para três repetições.....	54
Figura 33: Valores médios (\pm DP) diários de oxigênio (mg.L^{-1}) nos tratamentos TS (microalga seca), TU (microalga úmida) TM (microalga meio de cultivo) e TC (Controle), durante 15 dias de experimento. Valores médios \pm desvio padrão para três repetições.....	55
Figura 34: Valores médios (\pm DP) diários de amônia (mg.L^{-1}) nos tratamentos TS (microalga seca), TU (microalga úmida) TM (microalga meio de cultivo) e TC (Controle), durante 15 dias de experimento. Valores médios \pm desvio padrão para três repetições.....	55
Figura 35: Valores médios (\pm DP) diários de nitrito (mg.L^{-1}) nos tratamentos TS (microalga seca), TU (microalga úmida) TM (microalga meio de cultivo) e TC	

(Controle), durante 15 dias de experimento. Valores médios \pm desvio padrão para três repetições.....	56
Figura 36: Valores médios (\pm DP) de nitrato (mg.L^{-1}) nos tratamentos TS (microalga seca), TU (microalga úmida) TM (microalga meio de cultivo) e TC (Controle), durante 15 dias de experimento. Valores médios \pm desvio padrão para três repetições.....	56
Figura 37: Valores médios (\pm DP) de fosfato (mg.L^{-1}) nos tratamentos TS (microalga seca), TU (microalga úmida) TM (microalga meio de cultivo) e TC (Controle), durante 15 dias de experimento. Valores médios \pm desvio padrão para três repetições.....	57
Figura 38: Valores médios (\pm DP) de pH nos tratamentos TS (microalga seca), TU (microalga úmida) TM (microalga meio de cultivo) e TC (Controle), durante 15 dias de experimento. Valores médios \pm desvio padrão para três repetições.....	58
Figura 39: Valores médios (\pm DP) de alcalinidade (mg.L^{-1}) nos tratamentos TS (microalga seca), TU (microalga úmida) TM (microalga meio de cultivo) e TC (Controle), durante 15 dias de experimento. Valores médios \pm desvio padrão para três repetições.....	58
Figura 40: Valores médios (\pm DP) de SST (mg.L^{-1}) nos tratamentos TS (microalga seca), TU (microalga úmida) TM (microalga meio de cultivo) e TC (Controle), durante 15 dias de experimento. Valores médios \pm desvio padrão para três repetições.....	59
Figura 41: Valores médios (\pm DP) diários de temperatura ($^{\circ}$ C) nos tratamentos TBFT (bioflocos) TBM, (bioflocos com microalga úmida), TAC (água clara), TAM (água clara com microalga úmida), durante 35 dias de experimento. Valores médios \pm desvio padrão para três repetições.....	61
Figura 42: Valores médios (\pm DP) de salinidade (‰) nos tratamentos TBFT (bioflocos) TBM, (bioflocos com microalga úmida), TAC (água clara), TAM (água clara com microalga úmida), durante 35 dias de experimento. Valores médios \pm desvio padrão para três repetições.....	62
Figura 43: Valores médios (\pm DP) diários de oxigênio (mg.L^{-1}) nos tratamentos TBFT (bioflocos) TBM, (bioflocos com microalga úmida), TAC (água clara), TAM (água clara com microalga úmida), durante 35 dias de experimento. Valores médios \pm desvio padrão para três repetições.....	62

Figura 44: Valores médios (\pm DP) diários de amônia (mg.L^{-1}) nos tratamentos TBFT (bioflocos) TBM, (bioflocos com microalga úmida), TAC (água clara), TAM (água clara com microalga úmida), durante 35 dias de experimento. Valores médios \pm desvio padrão para três repetições.....	63
Figura 45: Valores médios (\pm DP) diários de nitrito (mg.L^{-1}) nos tratamentos TBFT (bioflocos) TBM, (bioflocos com microalga úmida), TAC (água clara), TAM (água clara com microalga úmida), durante 35 dias de experimento. Valores médios \pm desvio padrão para três repetições.....	64
Figura 46: Valores médios (\pm DP) de nitrato (mg.L^{-1}) nos tratamentos TBFT (bioflocos) TBM, (bioflocos com microalga úmida), TAC (água clara), TAM (água clara com microalga úmida), durante 35 dias de experimento. Valores médios \pm desvio padrão para três repetições.....	65
Figura 47: Valores médios (\pm DP) de fosfato (mg.L^{-1}) nos tratamentos TBFT (bioflocos) TBM, (bioflocos com microalga úmida), TAC (água clara), TAM (água clara com microalga úmida), durante 35 dias de experimento. Valores médios \pm desvio padrão para três repetições.....	65
Figura 48: Valores médios (\pm DP) diários de pH nos tratamentos TBFT (bioflocos) TBM, (bioflocos com microalga úmida), TAC (água clara), TAM (água clara com microalga úmida), durante 35 dias de experimento. Valores médios \pm desvio padrão para três repetições.....	66
Figura 49: Valores médios (\pm DP) de alcalinidade (mg.L^{-1}) nos tratamentos TBFT (bioflocos) TBM, (bioflocos com microalga úmida), TAC (água clara), TAM (água clara com microalga úmida), durante 35 dias de experimento. Valores médios \pm desvio padrão para três repetições.....	67
Figura 50: Valores médios (\pm DP) de SST (mg.L^{-1}) nos tratamentos TBFT (bioflocos) TBM, (bioflocos com microalga úmida), TAC (água clara), TAM (água clara com microalga úmida), durante 35 dias de experimento. Valores médios \pm desvio padrão para três repetições.....	67

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus e a toda minha família pelo apoio, incentivo, em especial ao meu filho Luis Guilherme, por seu meu maior incentivador na busca de meus objetivos.

Sou imensamente grata ao meu orientador, Professor Dr. Paulo Abreu, pela sua paciência, confiança, atenção e por seus ensinamentos valiosos durante toda trajetória do mestrado, muito obrigada!

Ao meu co-orientador Prof. Wilson Wasielesky, pelas importantes sugestões que contribuíram para o desenvolvimento da dissertação.

À banca examinadora pelas contribuições e observações para melhoria dessa dissertação.

Ao Alessandro e professor Dariano pela contribuição durante a realização dos experimentos.

Ao Sandro pelo auxílio nas análises químicas.

Ao professor Dr. Marcelo D'Oca pela disponibilidade da realização das análises de lipídeos no laboratório Kolbe de Síntese Orgânica e Ana Paula por me ajudar na realização das análises.

Ao CNPq pelo auxílio financeiro.

Ao programa de Pós-Graduação em Aquicultura e a todos os professores da EMA.

Ao Projeto Camarão pela disponibilização dos materiais necessários para realização dessa dissertação.

A todos do Laboratório de Produção de microalgas Milene, Fábio, Bruno Kubelka, Janaina, Bruno Cruz e em especial a Stela Raupp por sua amizade e ajuda.

Aos colegas e amigos da EMA que se fizeram presentes nessa trajetória e me ajudaram muito, Inácio, Helly, Mariana, Anastácia, Juan Rafael, em especial a Andreline que esteve comigo em todos os momentos.

RESUMO

As microalgas têm grande importância na aquicultura, pois melhoram a qualidade da água e ainda constituem uma boa fonte de nutrientes como lipídeos, ácidos graxos, proteínas e vitaminas. No sistema de bioflocos, a qualidade da água é mantida de maneira eficiente por bactérias e também por microalgas, que servem como complemento alimentar para os organismos produzidos. Este trabalho teve por objetivo geral avaliar a suplementação das microalgas marinhas *Nannochloropsis oceanica* e *Conticribra weissflogii* fornecida em meio de cultivo e concentrada (úmida e seca) na água de produção e no desempenho do camarão-branco *Litopenaeus vannamei*, produzido em sistema BFT. Para isto, foram realizados três experimentos com adição das microalgas. Os 2 primeiros experimentos se diferenciaram quanto ao tamanho dos animais (0,014g e 0,70g), mas eram compostos dos mesmos tratamentos (com três repetições), 1) Controle - sem adição de microalgas, 2) TM – com adição de microalgas em meio de cultivo; 3) TU – com adição de biomassa úmida de microalga e 4) TS – com adição de biomassa seca de microalga. No experimento 3, foi adicionada 125 g de biomassa úmida da microalga *N. oceanica* aos tratamentos: TBM- bioflocos com microalgas, TAM- água clara com microalgas e TBFT- bioflocos, TAC- água clara sem microalgas. Todos com três repetições. Foram monitorados parâmetros de qualidade de água como temperatura, salinidade, oxigênio, amônia, nitrito, nitrato, fosfato, pH, alcalinidade e SST. Para os experimentos 2 e 3 foram realizadas análises de lipídeos e ácidos graxos. Nos experimentos 1 e 2, não houve diferenças significativas nos parâmetros de qualidade de água. No experimento 3, os níveis de amônia nos tratamentos com água clara foram maiores do que nos tratamentos com bioflocos, enquanto o nitrato foi mais elevado nos tratamentos com bioflocos. No experimento 1, o peso final foi maior nos tratamentos com microalga úmida e controle para a *C. weissflogii*, enquanto que não houve diferenças significativas para *N. oceanica*. No experimento 2, não houve diferenças significativas no desempenho zootécnico dos camarões. Já para o experimento 3, o maior peso final foi encontrado nos tratamentos com adição de microalgas (TBM) e (TAM). No experimento 2 os valores de lipídeos no músculo do camarão não apresentaram diferenças para as duas microalgas. Os ácidos graxos C 16:0 e C 18:0 apresentaram maiores valores em TM de *N. oceanica*, enquanto que para *C. weissflogii*, os maiores valores foram encontrados para os ácidos graxos

poli-insaturados C 20:4 (TU) e C22:6 (TM). No terceiro experimento, os teores de lipídeos foram maiores no tratamento TBM, diferindo estatisticamente apenas do TAC. Já para os ácidos graxos, maiores valores foram encontrados em C 16:0 (TAC) e C 18:0 (TAM), C 20:2 e C 22:5 (tratamento controle). As microalgas beneficiaram o crescimento especialmente de camarões maiores (10 g). Entretanto, o fator que mais beneficiou não foi o lipídeo, mas provavelmente a proteína presente nas microalgas. O oferecimento de microalgas na forma de pasta, ou pó, pode ser uma boa estratégia para a melhora do desempenho zootécnico de *L. vannamei*, com menos esforço de produção, já que as microalgas podem ser produzidas na entressafra da produção de camarões e estocadas para uso posterior.

Palavras-chave: microalgas marinhas; *Nannochloropsis oceanica*; *Conticribra weissflogii*; BFT; camarão-branco; *Litopenaeus vannamei*; qualidade da água, índices zootécnicos; lipídeo; ácidos graxos.

ABSTRACT

Microalgae are very important in aquaculture because they improve water quality and are a source of nutrients such as lipids, fatty acids, proteins and vitamins. In Biofloc Technology System (BFT), water quality is efficiently maintained by heterotrophic and nitrifying bacteria and microalgae, which also serve as a food supplement for the organisms produced. However, microalgae are difficult to maintain in BFT because of the large amount of suspended material, which decreases light penetration and reduces photosynthesis. This study aimed to evaluate the effect of supplementation of the marine microalgae *Nannochloropsis oceanica* and *Conticribra weissflogii*, offered as culture medium and concentrated biomass (wet and dry), on the water quality, zootechnical indexes and lipid and fatty acid content in the bioflocs and in the shrimp *Litopenaeus vannamei*. For this, three experiments were carried out with the addition of microalgae. The first two experiments, with different shrimp weights (0.014g and 0.70g), were composed of the following treatments (in triplicate): 1) Control - without addition of microalgae; 2) TM - with microalgae in culture medium; 3) TU - with wet microalgae biomass and 4) TS - with dry microalgae biomass. In the third experiment, with 10 g shrimps, 125 g of humid biomass of *N. oceanica* were added to the treatments (in triplicate): 1) TBFT - bioflocs; 2) TBM - bioflocs with microalgae; 3) TAC - clear water and 4) TAM - clear water with microalgae. Temperature, salinity, dissolved oxygen, total ammonia nitrogen (TAN), nitrite, nitrate, phosphate, pH, alkalinity and total suspended solids were monitored. For the experiments two and three, analyzes of lipids and fatty acids were also carried out. In general, the addition of microalgae did not affect water quality. However, in the third experiment, the levels of TAN were higher in treatments with clear water, whereas treatments with bioflocs presented higher concentrations of nitrate. In the first experiment, the final weight of shrimp was higher in treatments with wet microalgae biomass and control for *C. weissflogii*, whereas there were no significant differences for *N. oceanica*. In the second experiment, there was no significant difference in shrimp's zootechnical performance. For experiment three, the highest final weight was found in the treatments with addition of microalgae (TBM) and (TAM). In experiment 2, lipid values in shrimp muscle were not affected by the addition of microalgae. The fatty acids C 16:0 e C 18:0 presented higher values in TM of *N. oceanica*, whereas for *C. weissflogii*, the highest values were found for the polyunsaturated fatty acids C 20: 4 (TU) and C 22: 6 (TM). In the third experiment,

lipid levels were higher in TBM treatment, statistically differing only from TAC. As for fatty acids, higher values were found for C 16: 0 (TAC) and C 18: 0 (TAM), and C 20: 2 and C 22: 5 in the control treatment. Microalgae benefited the growth especially of larger shrimps (10 g). However, the factor that most influenced the shrimp growth was not the lipid but probably the protein present in the microalgae. The use of microalgae in the form of wet or dry biomass may be a good strategy to improve the performance of *L. vannamei* with less production effort, since microalgae can be produced in the intervals of shrimp production cycles and stored for further use.

Key-words: marine microalgae; *Nannochloropsis oceanica*; *Conticribra weissflogii*; BFT; pacific white shrimp; *Litopenaeus vannamei*; water quality; zootechnical indexes; lipids; fatty acids.

1. INTRODUÇÃO

Microalgas são organismos unicelulares autotróficos que transformam dióxido de carbono, hidrogênio e nitrogênio em carboidratos, lipídios e proteínas (Savage, 2011). Estas possuem altas taxas de crescimento e produção de biomassa e sua composição bioquímica faz com que sejam utilizadas na produção de vários produtos de alto valor comercial, que são utilizados nas indústrias farmacêutica, de alimentos, nutrição animal e cosmética. Além disso, as microalgas vêm sendo exploradas para a produção de biocombustíveis (Spolaore et al. 2006)

Algumas espécies de microalgas são capazes de produzir grandes quantidades de lipídeo, podendo atingir 50% de seu peso seco (Sheehan et al. 1998). Esses lipídeos são compostos por grande percentual de ácidos graxos poli-insaturados que são importantes para a dieta de outros organismos aquáticos e para a saúde humana (Mansour et al. 2005). Além disso, os ácidos graxos possuem grande potencial comercial ao serem incorporados em alimentos, rações, cosméticos e fármacos (Borowitzka, 2013).

Na aquicultura, as microalgas têm grande importância, pois representam uma fonte de nutrientes e melhoram a qualidade da água com produção de oxigênio e absorção de compostos nitrogenados, que são tóxicos para peixes e crustáceos (Lourenço, 2006; Perez-Garcia et al. 2011). Estas também são utilizadas como alimento vivo para rotíferos que, por sua vez, alimentam fases iniciais de moluscos, peixes e camarões (Patil et al. 2007).

Desde a década de 1990 foi desenvolvido um sistema intensivo de aquicultura inicialmente conhecido como ZEAH (Zero Exchange Aerobic Heterotrophic culture systems) e, mais recentemente, denominado como tecnologia de bioflocos, ou Biofloc Technology System - BFT) (Avnimelech, 2009). Neste sistema, a qualidade da água é mantida de maneira eficiente por bactérias heterotróficas e autotróficas nitrificantes e também por microalgas (Hargreaves, 2006). O sistema é tão eficiente que é possível utilizar a mesma água por vários ciclos de produção, havendo mínima renovação de água. Além disso, a microbiota serve como alimento suplementar melhorando os índices zootécnicos dos animais produzidos (Wasielesky et al. 2006; Avnimelech et al. 2007).

Microalgas são fontes ricas em proteínas, carotenoides, vitaminas, pigmentos e ácidos graxos e geralmente são usadas como aditivos em dietas incentivando as atividades biológicas e melhorando a pigmentação de camarões e peixes, e sua utilização vem sendo testada em rações na aquicultura (Ju et al. 2012). Macias-Sancho et al. (2014) substituiu até 75% da farinha de peixe pela microalga *Arthrospira platensis* (anteriormente *Spirulina platensis*) na dieta de *Litopenaeus vannamei* e não observou redução na sobrevivência ou crescimento, mas houve melhora da resposta imune do camarão. Em sistemas semi-intensivos de aquicultura, o crescimento de microalgas *in natura* é estimulado para que sirvam como complemento alimentar para os organismos aquáticos produzidos (Barbieri & Ostrensky, 2001). Da mesma forma, é muito importante que as microalgas permaneçam por mais tempo no sistema BFT, pois além de contribuir para melhoria da qualidade da água estas também são importantes fontes de nutrientes como vitaminas, proteínas, carboidratos, e ácidos graxos polinsaturados, que são essenciais para o crescimento e metamorfose de peixes (Koven et al. 1989), crustáceos e moluscos (Valenzuela-Espinoza et al. 2002; Silva et al. 2009).

Godoy et al. (2012) apresentaram uma abordagem para manter as microalgas ao longo da produção de camarões em sistema BFT. A manutenção de diatomáceas no sistema com bioflocos foi feita com inoculações frequentes de microalgas a partir de um cultivo massivo destes microorganismos, feito em paralelo à produção dos camarões. Os autores verificaram que a presença das microalgas no meio BFT aumentou o peso final e diminuiu a taxa de conversão alimentar do camarão-branco *L. vannamei*.

Alternativamente, Martins et al. (2016), propuseram a adição de sílica na produção de camarões em sistema BFT como forma de estimular a produção e prolongar a permanência de diatomáceas inoculadas no sistema. As diatomáceas têm parede celular constituída de sílica, e a falta deste nutriente pode se tornar limitante ao seu crescimento. Os autores mostraram que a adição de sílica levou à um crescimento das diatomáceas *Amphora coffeaeformis* e *Conticribra weissflogii* e que estas melhoraram o desempenho zootécnico dos camarões e a qualidade da água de sistemas BFT durante a produção de camarões *Litopenaeus vannamei*. Parece que o excesso de material em suspensão não afetou o desenvolvimento destas diatomáceas, pois elas

devem estar adaptadas às condições com pouca luminosidade (adaptadas à sombra), não interferindo na sua produção fotossintética.

Nannochloropsis spp. (Eustigmatophyceae) são microalgas marinhas produtoras de diferentes pigmentos como clorofila *a* e astaxantina, dentre outros (Lubian et al. 2002). Estas apresentam altas taxas de fixação de carbono, rápido crescimento e são bastante resistente às condições de cultivo desfavoráveis (Borges et al. 2007). *Nannochloropsis oculata* produz grande quantidade de ácidos graxos poli-insaturados, especialmente o ácido eicosapentaenóico (EPA - C 20:5), importante para consumo humano associado à prevenção de doenças cardiovasculares (Zou e Richmond 1999). Em nosso laboratório tínhamos uma cepa classificada como *N. oculata* que, recentemente foi re-classificada como *Nannochloropsis oceânica*. Esta cepa foi utilizada neste estudo. Também utilizamos neste trabalho a diatomácea *Conticribra weissflogii* (*weissflogii*). Esta é uma espécie eurialina (Radchenko e Il'yash 2006), e usada na aquicultura como fonte de alimento para alimentar larvas de camarões peneídeos (Silva et al. 2009). *C. weissflogii* também apresenta altas taxas de fixação de carbono e uma ótima eficiência fotossintética (Borges et al. 2007).

Os ácidos graxos (PUFAS) poli-insaturados (PUFAs) das microalgas, são bastante importantes devido a seus altos valores nutricionais para animais marinhos e para a saúde humana (Wen & Chen 2000). Contudo, o conteúdo e composição de lipídios das microalgas pode ser modificado pelo estado fisiológico das algas, pelas condições do meio, como salinidade, temperatura, e nutrientes e também pela fase de crescimento (Borges et al. 2011).

Apesar de ser muito importante na alimentação de vários organismos aquáticos, o cultivo de microalgas no mesmo período da produção de camarão se torna algo oneroso, pois requer muita mão de obra. Por outro lado, microalgas nas formas de pasta (úmida), ou pó (seca) poderiam ser produzidas em períodos que antecedem a produção de camarão, concentradas e armazenadas em refrigeração para posterior uso.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar a suplementação das microalgas marinhas *Nannochloropsis oceanica* e *Conticribra weissflogii* durante a produção do camarão-branco *Litopenaeus vannamei* em sistema BFT.

2.2 Objetivos específicos

- Determinar o efeito da suplementação das microalgas *N. oceanica* e *C. weissflogii*, fornecida em meio de cultivo e concentradas na qualidade da água do sistema de produção com bioflocos;
- Comparar o desempenho zootécnico de *L. vannamei* produzido em sistema de bioflocos (BFT) suplementado com as microalgas *N. oceanica* e *C. weissflogii* fornecidas na forma de meio de cultivo e concentradas (biomassa úmida e seca);
- Avaliar o efeito da suplementação das microalgas *N. oceanica* e *C. weissflogii*, fornecida em meio de cultivo e concentradas, no teor de lipídeos e composição de ácidos graxos no bioflocos e no musculo dos camarões.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local e instalações

Os experimentos 1 e 2 foram realizados em sala experimental e o experimento 3 em estufa na Estação Marinha de Aquicultura (EMA- FURG), do Instituto de Oceanografia da Universidade Federal do Rio Grande, no município de Rio Grande - RS. Os náuplios de *L. vannamei* foram adquiridos de um laboratório comercial (Aquatec[®] Ltda - Rio Grande do Norte), e mantidos até a fase de pós-larva no setor de larvicultura do Laboratório de Carcinocultura da Estação Marinha de Aquicultura, IO/ FURG. Os camarões juvenis foram obtidos de um cultivo em raceways do mesmo laboratório. Ao atingir os tamanhos utilizados nos experimentos foram transferidos para suas respectivas unidades experimentais.

As cepas de *Nannochloropsis oceanica* e *Conticribra weissflogii* utilizadas nestes estudos foram obtidas da coleção do Laboratório de Fitoplâncton e Microrganismos Marinhos da Universidade Federal do Rio Grande (FURG).

3.2 Produções das microalgas

Os cultivos foram realizados em escala laboratorial a microalga *Nannochloropsis oceanica* foi cultivada em meio fertilizante (Yamashita & Magalhães 1984) com salinidade 28, temperatura a 21 ° C, com intensidade luminosa de 100 μmol fótons $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$, fotoperíodo de 12/12 h C/E e aeração constante em *carboys* transparentes de 20 L. Já a microalga *Conticribra weissflogii* foi cultivada em meio Conway (Walne, 1966), temperatura a 21° C, salinidade 28, com intensidade luminosa de 100 μmol fótons $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$, fotoperíodo de 12/12 h e aeração constante com volumes iniciais de 2 L depois transferidos para *carboys* de 20 L e repicados a cada 7 dias.

Para o experimento 3 o cultivo foi realizado em estufa, a microalga *Nannochloropsis oceanica* foi cultivada em meio fertilizante (Yamashita & Magalhães 1984) e suplementado com vitaminas (B₁, B₇ e B₁₂) com salinidade 30 e mantido em tanques circulares de 1.200 L, dentro de uma estufa coberta com plástico transparente com iluminação, fotoperíodo e temperatura naturais (Roselet et al. 2013).

3.2.1 Concentração da biomassa de *N. oceanica*

A concentração da biomassa de *N. oceanica* foi realizada por floculação, conforme metodologia descrita por Roselet et al. (2016). Uma solução concentrada de 1 g L⁻¹ de Tanfloc foi preparada com adição de água doce e mantida sob agitação por 1 hora a 300 RPM para permitir a dissolução do flocculante. Um volume de 250 L de cultivo foi transferido do tanque de cultivo para um tanque de floculação cilindro-cônico e adicionou-se uma concentração de 10 mg L⁻¹ de flocculante. O flocculante foi misturado ao cultivo por 15 minutos, para permitir a dispersão e a formação dos flocos. Após isto, os flocos formados foram deixados sedimentando por 1 hora e o sobrenadante foi posteriormente removido por sifonamento. A biomassa úmida coletada foi lavada com solução de formiato de amônio 0,5 M para remoção dos sais e concentrada por centrifugação a 6°C, com rotação de 3400 RPM por 15 minutos. Após isto, a biomassa úmida foi armazenada em freezer (-20°C) até o momento de uso.

3.2.2 Biomassa úmida

As microalgas foram centrifugadas em uma centrífuga Beckman, J2-MC, (USA), a 3.400 rpm a 4 °C, durante 15 minutos. Após a centrifugação, a biomassa úmida foi guardada em freezer até posterior uso.

3.2.3 Biomassa seca

Para a obtenção da biomassa de microalga seca, após centrifugado colocou-se a biomassa úmida em estufa a 60 °C por 24 h.

3.2.4 Abundância de microalgas

As densidades celulares foram determinadas em amostras de (10 ml) fixadas com lugol neutro (2%). As células foram contadas em câmara de Neubauer e em microscópio ótico (Wood et al. 2005).

O cálculo para a adição de microalgas foi feito do seguinte modo, sendo o total expresso em número de células mL⁻¹:

$$C1.V1 = C2.V2$$

Onde: C1 = concentração do inoculo e C2 = concentração desejada

V1 = volume estabelecido e V2 = volume do balde (L)

3.3 Adições de Microalgas

A microalga meio de cultivo foi coletada dos tanques de cultivo com béqueres, determinada sua abundância e adicionadas nos tanques experimentais com bioflocos (em alguns casos) e camarão *Litopenaeus vannamei*. A biomassa úmida e seca adicionada era equivalente a contida no meio de cultivo.

3.4 Parâmetros de qualidade de água

A salinidade foi verificada a cada três dias com refratômetro óptico (Atago, 103, Tóquio, Japão). Temperatura e oxigênio dissolvido foram monitorados duas vezes por dia com um aparelho multiparâmetros YSI Pro 20 (Yellow Springs, EUA). A alcalinidade foi analisada a cada três dias conforme metodologia proposta por APHA (1998). Quando a alcalinidade alcançava valores abaixo de 120 mg CaCO₃ / L e o pH valores abaixo de 7,3 (recomendado por Ebeling et al. 2006) foram feitos ajustes com cal hidratada, seguindo a metodologia descrita por Furtado et al. (2011).

Diariamente foram coletadas amostras para quantificar a concentração de nitrogênio amoniacal total (N-NH₃ + NH₄), e nitrito (N-NO₂) e a cada sete dias e para nitrato (N-NO₃) e fosfato (P-PO₄). As concentrações de amônia foram determinadas de acordo com UNESCO (1983). Já as medidas de nitrito, nitrato e fosfato foram realizadas conforme metodologias Strickland e Parsons (1972). Uma vez por semana foram medidos os sólidos suspensos totais (mg L⁻¹) por meio de coletas de amostras de 20 ml, utilizando método de análise adaptado de Strickland e Parsons (1972). Os níveis

de sólidos suspensos totais foram mantidos até 500 mg.L^{-1} , como recomendado por Gaona et al. (2011), sendo controlados com filtragem de água..

3.5 Extração e quantificação dos lipídeos

Lipídios foram extraídos das biomassas das microalgas, bioflocos e camarão usando o método líquido-líquido adaptado de Bligh e Dyer (1959), (D'Oca et al. 2011).

3.6 Determinações do perfil de ácidos graxos

As frações lipídicas dos tratamentos foram esterificadas de acordo com Metcalfe e Schmidt (1961). O perfil dos ácidos graxos foi caracterizado por cromatografia gasosa (GC) com detecção por espectrômetro de massas (MS), coluna analítica ZB-5MS (espessura de película de $30 \times 0,25 \text{ mm I.D} \times 0,25 \text{ }\mu\text{m}$) (Zebron, Phenomenex, CA, USA). Os ésteres metílicos dos ácidos graxos foram identificados pela comparação com padrões conhecidos e quantificados pelo método de padronização das áreas.

3.7 Desempenho Zootécnico dos camarões

Biometrias iniciais ($n = 50$) foram realizadas antes da estocagem dos camarões em todos os experimentos. Nos experimentos 1 e 2 foram realizadas apenas biometrias iniciais e finais. Já no experimento 3 foram feitas semanalmente, onde eram pesados todos os camarões individualmente a fim de ajustar a quantidade de ração. Ao final de cada experimento, todos os camarões vivos foram pesados para avaliação da sobrevivência e crescimento nos diferentes tratamentos. Foram determinados, então os seguintes parâmetros:

- Sobrevivência: (número camarões estocados – número de sobreviventes) x 100;
- Ganho de peso (g) = Peso médio Final (g) – Peso médio Inicial (g);
- Biomassa final (g) = peso final de todos os camarões vivos;

- Taxa de conversão alimentar aparente foi calculada apenas para o experimento 3 de acordo com a fórmula:

$$TCA=RF/BF-BI$$

Onde: TCA= Taxa de conversão alimentar aparente; RF=Ração fornecida; BF= Biomassa Final e BI= Biomassa Inicial;

3.8. DESENHO EXPERIMENTAL

3.8.1. Experimento 1 – Suplementação com as microalgas *Nannochloropsis oceanica* e *Conticribra weissflogii* – Pós-larvas de (0,014 ± 0,01 g)

O estudo foi realizado no período de 10 de outubro a 11 de novembro de 2016, totalizando 32 dias. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em 4 tratamentos para as duas microalgas com 3 repetições, a microalga *Nannochloropsis oceanica* foi adicionada na concentração de 290×10^4 cels/mL⁻¹ e *Conticribra weissflogii* de 29×10^4 cels/mL⁻¹ aos baldes nos seguintes tratamentos: 1) TM - com adição de meio de cultivo com microalgas; 2) TU - com adição de biomassa úmida de microalga; 3) TS - com adição de biomassa seca de microalga e 4) Controle - sem adição de microalgas.

As pós-larvas foram estocadas em suas respectivas unidades experimentais, com peso médio inicial de $0,014 \pm 0,01$ g e em uma densidade de estocagem de 2000 camarões m⁻³ em baldes de 11 L, com volume útil de 5 L. Os baldes utilizados foram preenchidos com água marinha com salinidade 35 e mantidos sob aeração constante. Foi utilizado 10 % de inóculo de bioflocos proveniente de um tanque de produção de camarões *L. vannamei* em sistema BFT com mais de 30 dias. Não houve troca de água durante o período experimental, apenas adição de água doce para compensar as perdas por evaporação. A temperatura foi mantida em torno de 30 ° C com o auxílio de aquecedores elétricos. As microalgas foram inoculadas a cada dois dias, onde foram feitas contagens a fim de manter a densidade inicial. Ao longo do experimento os camarões foram alimentados duas vezes ao dia, *ad libitum*, com uma ração comercial

(Guabi XL ® / PL 40) e a cada 2 dias com a microalga seca, úmida e em meio de cultivo. Para a manutenção da amônia em níveis menores que 1 mg L^{-1} foi adicionado melaço como fonte de carbono sempre que necessário (Ebeling et al., 2006 e Avnimelech, 1999).

3.8.2. Experimento 2 – Suplementação com as microalgas *Nannochloropsis oceanica* e *Conticribra weissflogii*– Pós-larvas ($0,70 \pm 0,30 \text{ g}$)

O estudo foi realizado no período entre 16 de novembro a 30 de novembro de 2016. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em 4 tratamentos para as duas microalgas e com 3 repetições, a microalga *Nannochloropsis oceanica* foi adicionada na concentração de $290 \times 10^4 \text{ cels/mL}^{-1}$ e *Conticribra weissflogii* de $29 \times 10^4 \text{ cels/mL}^{-1}$ aos baldes nos seguintes tratamentos: 1) TM - com adição de meio de cultivo com microalgas; 2) TU - com adição de biomassa úmida de microalga ; 3) TS - com adição de biomassa seca de microalga e 4) Controle - sem adição de microalgas. As pós-larvas foram estocadas em suas respectivas unidades experimentais com peso médio inicial de $0,70 \pm 0,30 \text{ g}$, em uma densidade de estocagem de 2000 camarões m^{-3} em baldes de 11 L com volume útil de 5 L. Os baldes utilizados foram preenchidos com água marinha com salinidade 35 e mantidos sob aeração constante. Foi utilizado 10 % de inóculo de bioflocos proveniente de um tanque de produção de camarões *L. vannamei* em sistema BFT com mais de 30 dias. Não houve troca de água durante o período experimental, apenas adição de água doce para compensar as perdas por evaporação. A temperatura foi mantida 30° C com o auxílio de aquecedores elétricos. A microalga foi inoculada a cada 2 dias, onde foram feitas contagens a fim de manter a densidade inicial.

Ao longo do experimento os camarões foram alimentados duas vezes ao dia *ad libitum*, com uma ração comercial (Guabi XL ® / 40 J), e cada 2 dias foi inoculado com a microalga seca, úmida e de meio de cultivo. Para a manutenção da amônia em níveis menores que 1 mg L^{-1} foi adicionado melaço como fonte de carbono sempre que necessário (Ebeling et al. 2006 e Avnimelech, 1999).

3.8.3 Experimentos 3 – Suplementação com microalga úmida de *Nannochloropsis oceanica* em meio BFT e água clara

O estudo foi realizado no período de 2 de março a 5 de abril de 2017 no total de 35 dias. O delineamento foi casualizado em 4 tratamentos e 3 repetições onde a microalga *Nannochloropsis oceanica* foi adicionada 125 g a cada 7 dias aos seguintes tratamentos: 1- TAM- tratamento com água clara e microalga úmida; 2- TBM- tratamento bioflocos com microalga úmida; e sem microalgas 3- TBFT – tratamento com bioflocos e 4- TAC – tratamento com água clara. Os camarões foram estocados com peso médio de $10 \pm 3,73$ g em uma densidade de estocagem de 500 camarões m^{-3} . Foram utilizados 12 tanques de 180 L, com volume útil de 50 L, sendo as caixas com o tratamento de água clara preenchidas com 50 L de água do mar enquanto o tratamento com bioflocos foi preenchido com 40 L de água do mar e o volume restante com água proveniente de um cultivo de bioflocos, totalizando 20% de inóculo. Diariamente, foi realizado renovação de 80% da água dos tratamentos com água clara. A temperatura foi mantida em torno de 30 °C com o auxílio de aquecedores elétricos e aeração por sistema de mangueira microperfurada. A alimentação diária foi calculada com base no ganho de peso esperado de 0,90 g por semana e conversão alimentar de 1,30, metodologia proposta por Garza de Yta et al. (2004). Os camarões foram alimentados com uma dieta comercial (38% PB - Guabi® - Potimar), sendo fornecida em bandejas, conforme metodologia de Wasielesky et al. (2006). A cada biometria eram coletados 3 camarões para análise de lipídeos e a ração era ajustada para o número de indivíduos restantes.

3.9 Análises Estatísticas:

Os valores de desempenho e análise do músculo dos camarões e do bioflocos nos diferentes tratamentos foram avaliados através do teste t ($p > 0,05$) após serem confirmadas a normalidade da distribuição dos dados e a homocedasticidade das variâncias. Os parâmetros abióticos de qualidade da água, e SST foram analisados pelo teste não paramétrico de Kruskal Wallis. Todas as análises foram realizadas utilizando o software STATISTICA® versão 7.0.

4. RESULTADOS

4.1. EXPERIMENTO 1

4.1.1 *Conticribra weissflogii*

O valor médio da temperatura foi de $27,86 \pm 0,14$ °C (Figura 1) em todos os tratamentos, não havendo diferença estatística ($p > 0,05$) entre os mesmos. O valor mínimo foi de 24,2 °C no tratamento TC, enquanto que o valor máximo foi de 29 °C no tratamento TM.

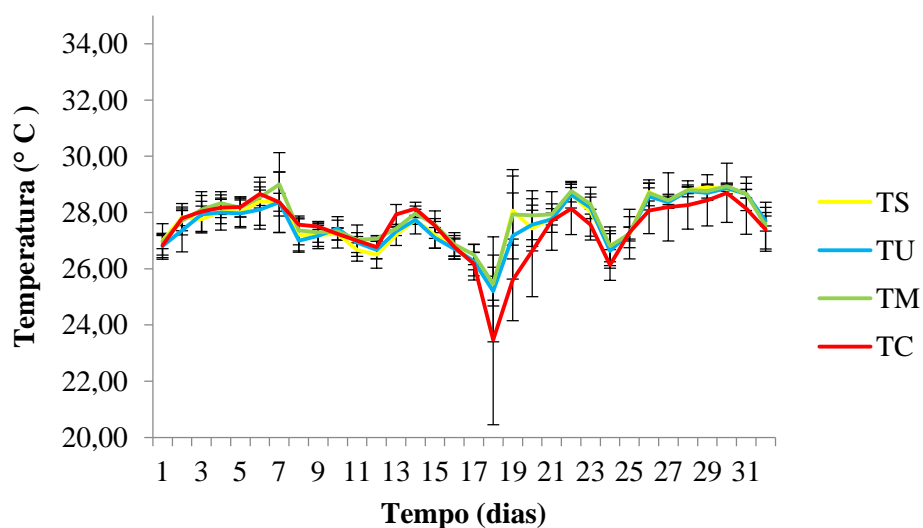


Figura 1 – Valores médios (\pm DP) diários de Temperatura (°C) nos tratamentos TS (microalga seca), TU (microalga úmida) TM (microalga meio de cultivo) e TC (Controle), durante 32 dias de experimento. Valores médios \pm desvio padrão para três repetições.

A salinidade (Figura 2) variou entre $30 \pm 0,00$ no começo e $32 \pm 0,29$ ao final do experimento em todos os tratamentos. Ocorreram pequenas oscilações no decorrer do estudo, entretanto não houve diferenças significativas ($p > 0,05$) entre os tratamentos.

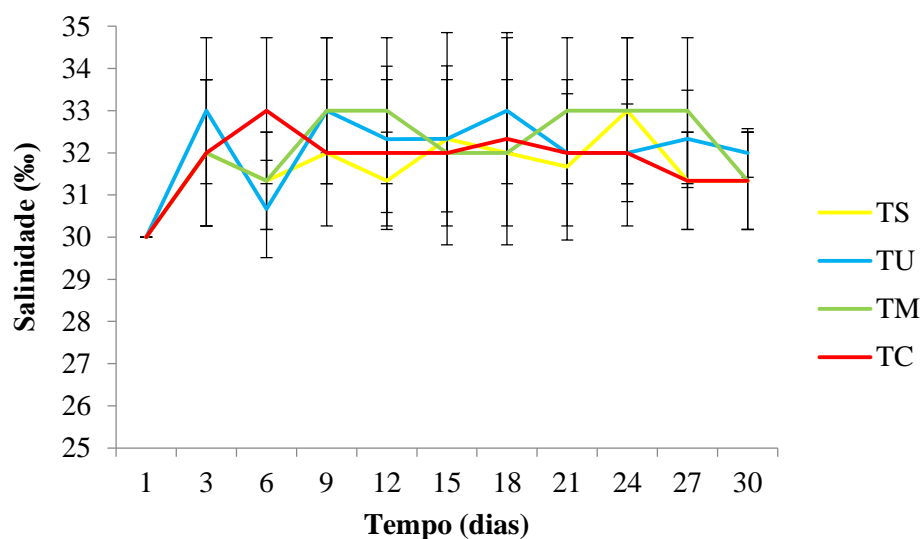


Figura 2– Valores médios (\pm DP) de salinidade (‰) nos tratamentos TS (microalga seca), TU (microalga úmida), TM (microalga meio de cultivo) e TC (Controle), durante 32 dias de experimento. Valores médios \pm desvio padrão para três repetições.

As médias de oxigênio dissolvido se mantiveram na faixa de $5,41 \pm 0,03 \text{ mg.L}^{-1}$, (Figura 3) para todos os tratamentos, não diferindo estatisticamente ($p > 0,05$) entre si. O valor mínimo encontrado foi no tratamento TS com concentração de $4,12 \text{ mg.L}^{-1}$ e máximo no tratamento TU $6,70 \text{ mg.L}^{-1}$.

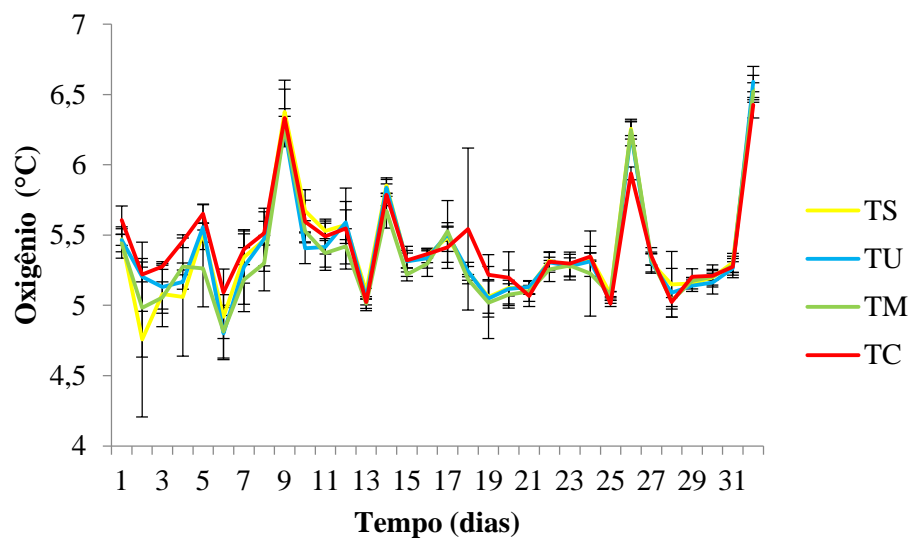


Figura 3 – Valores médios (\pm DP) diários de oxigênio (mg.L^{-1}) nos tratamentos TS (microalga seca), TU (microalga úmida), TM (microalga meio de cultivo) e TC (Controle), durante 32 dias de experimento. Valores médios \pm desvio padrão para três repetições.

As concentrações de amônia apresentaram médias de $0,38 \pm 0,37 \text{ mg. L}^{-1}$ (Figura 4), não havendo diferenças estatísticas entre os tratamentos ($p>0,05$). Entretanto, para se manter concentrações de amônia abaixo de 1 mg. L^{-1} , foram realizadas fertilizações com melação a partir do terceiro dia em todos os tratamentos. A aplicação de melação foi realizada com mais frequência no tratamento controle até o 12º dia. A partir do 13º dia as concentrações ficaram em níveis indetectáveis em todos os tratamentos. O maior valor medido (24 mg.L^{-1}) ocorreu no tratamento TC.

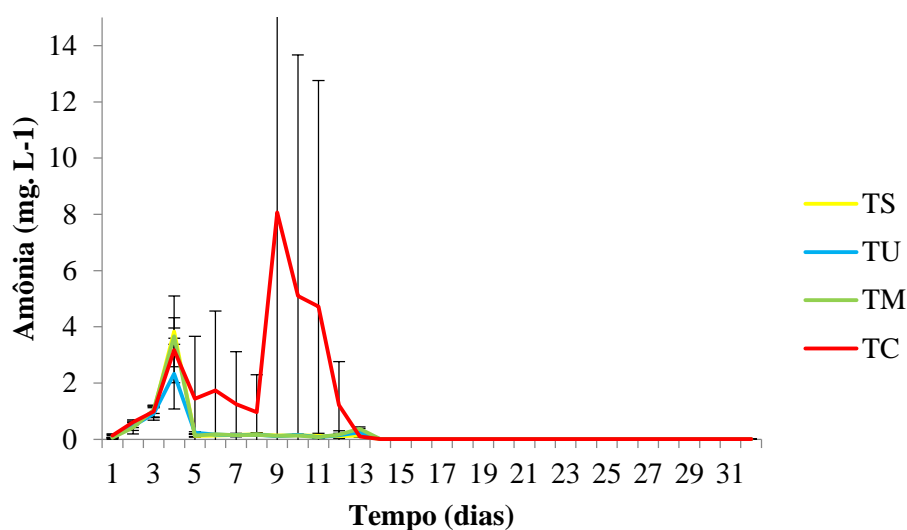


Figura 4 – Valores médios (\pm DP) diários de amônia (mg.L^{-1}) nos tratamentos TS (microalga seca), TU (microalga úmida), TM (microalga meio de cultivo) e TC (Controle), durante 32 dias de experimento. Valores médios \pm desvio padrão para três repetições.

Os valores médios de nitrito (Figura 5) não apresentaram diferenças significativas ($p>0,05$), entre os tratamentos. O maior valor ocorreu no tratamento TS (15 mg. L^{-1}) e menor valor o tratamento TC ($0,12 \text{ mg.L}^{-1}$).

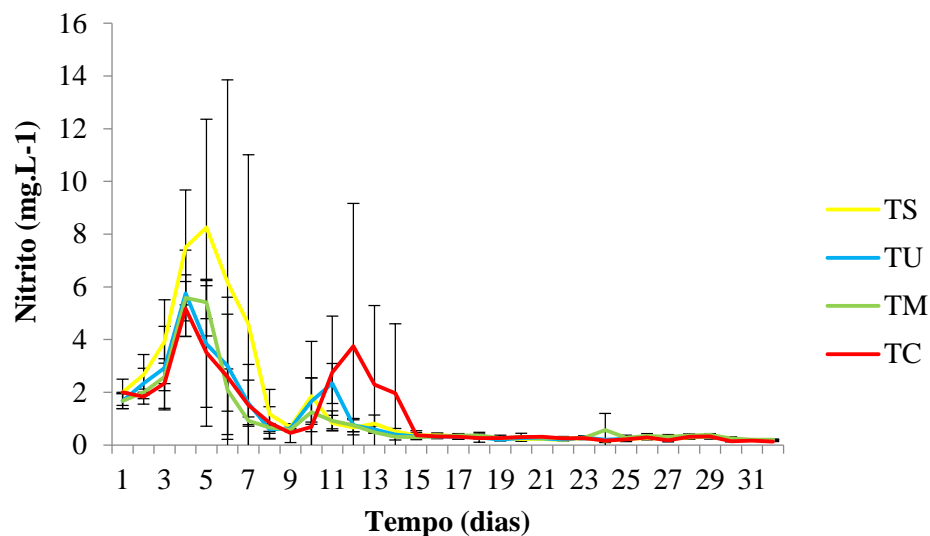


Figura 5– Valores médios (\pm DP) diários de nitrito (mg.L^{-1}) nos tratamentos TS (microalga seca), TU (microalga úmida), TM (microalga meio de cultivo) e TC (Controle), durante 32 dias de experimento. Valores médios \pm desvio padrão para três repetições.

Para os dados de nitrato (Figura 6) o tratamento TS apresentou a maior concentração $109,70 \text{ mg.L}^{-1}$ enquanto que a menor ($6,00 \text{ mg.L}^{-1}$) ocorreu no tratamento TC. Não houve diferenças estatísticas ($p > 0,05$) entre os tratamentos durante o experimento.

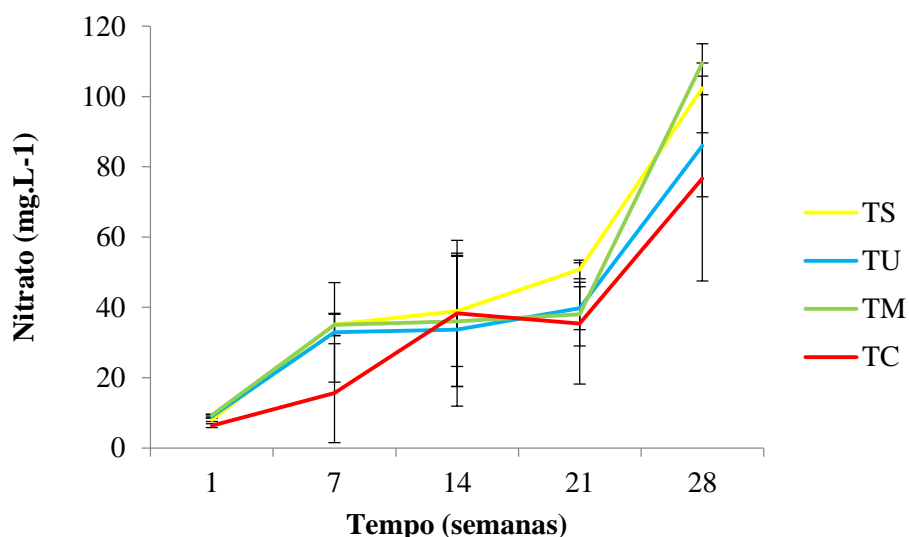


Figura 6 – Valores médios (\pm DP) de nitrato (mg.L^{-1}) nos tratamentos TS (microalga seca), TU (microalga úmida), TM (microalga meio de cultivo) e TC (Controle), durante 32 dias de experimento. Valores médios \pm desvio padrão para três repetições.

Para os dados de fosfato (Figura 7) a média entre os tratamentos foi de $(0,72 \pm 0,14)$ o tratamento TS apresentou menor concentração $(0,12 \text{ mg.L}^{-1})$ enquanto que a maior $(4,30 \text{ mg.L}^{-1})$ ocorreu no tratamento TM. Não houve diferenças estatísticas ($p>0,05$) entre os tratamentos durante o experimento.

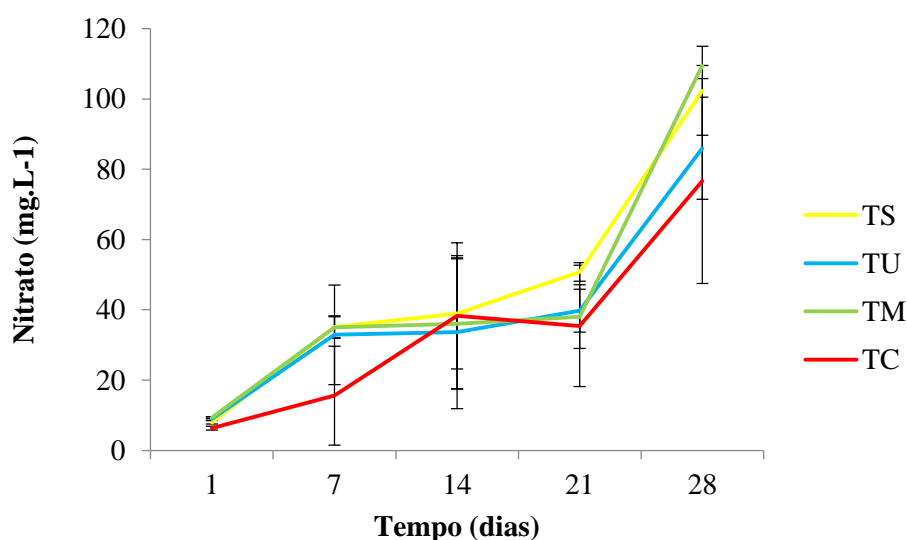


Figura 7 – Valores médios (\pm DP) de fosfato (mg.L^{-1}) nos tratamentos TS (microalga seca), TU (microalga úmida), TM (microalga meio de cultivo) e TC (Controle), durante 32 dias de experimento. Valores médios \pm desvio padrão para três repetições.

Os valores de pH não apresentaram diferenças significativas ($p>0,05$) entre os tratamentos (Figura 8), o valor mínimo foi no tratamento TS 7,22 enquanto que a concentração máxima 8,33 foi encontrada no tratamento TC.

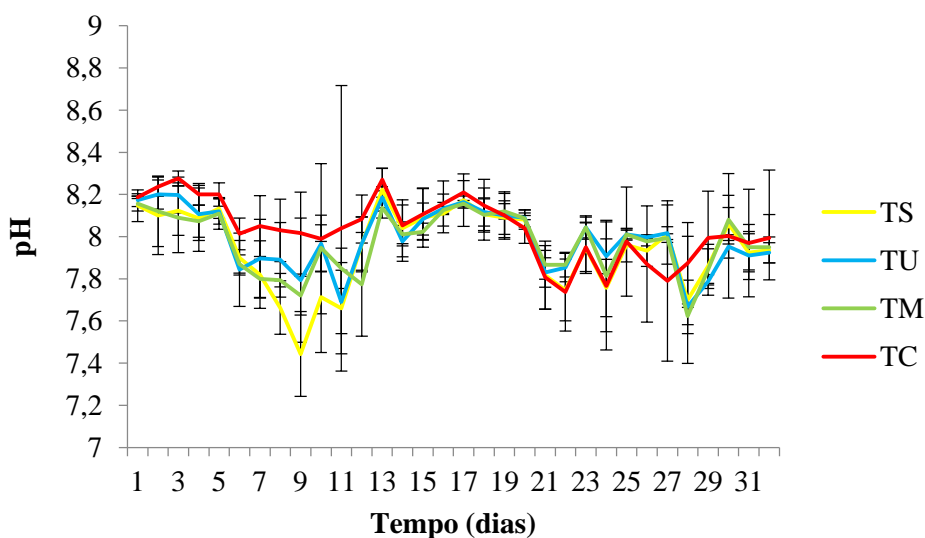


Figura 8– Valores médios (\pm DP) de pH nos tratamentos TS (microalga seca), TU (microalga úmida), TM (microalga meio de cultivo) e TC (Controle), durante 32 dias de experimento. Valores médios \pm desvio padrão para três repetições.

Os valores médios de alcalinidade (Figura 9) foram de $173,47 \pm 9,37 \text{ mg.L}^{-1}$, com menor valor medido no tratamento TS com (75 mg.L^{-1}) e maior (270 mg.L^{-1}) no tratamento TC. Não houve diferenças significativas ($p>0,05$) entre os tratamentos.

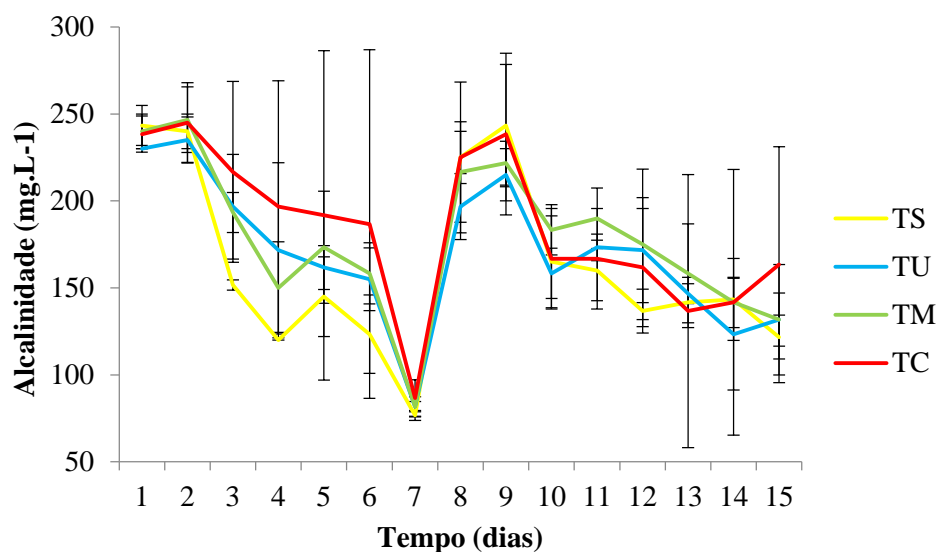


Figura 9– Valores médios (\pm DP) de alcalinidade (mg.L^{-1}) nos tratamentos TS (microalga seca), TU (microalga úmida), TM (microalga meio de cultivo) e TC (Controle), durante 32 dias de experimento. Valores médios \pm desvio padrão para três repetições.

As concentrações de sólidos suspensos totais (Figura 10) os menores valores medidos foi no tratamento TC com 80 mg.L^{-1} e maiores e no tratamento TS, com 915 mg.L^{-1} , porém os valores de médias não apresentaram diferenças significativas ($p>0,05$) entre os tratamentos.

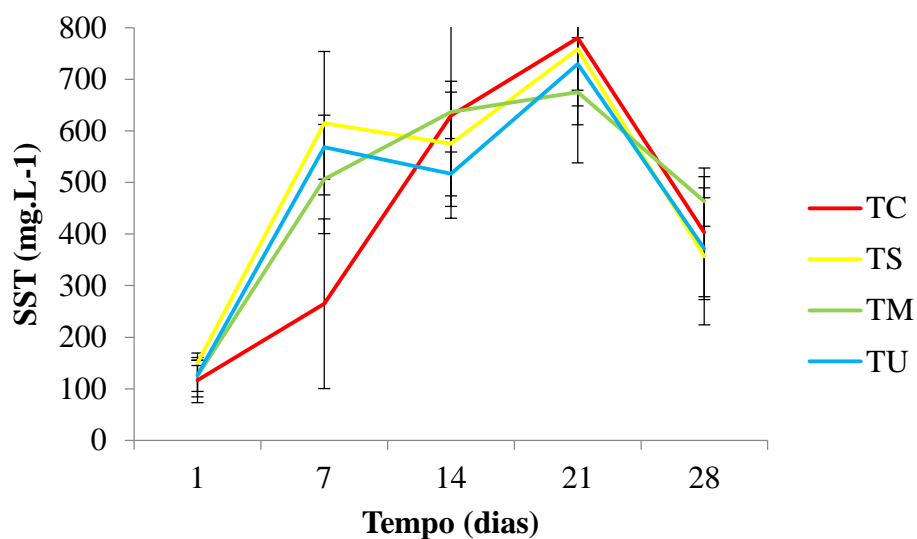


Figura 10– Valores médios (\pm DP) de SST (mg.L^{-1}) nos tratamentos TS (microalga seca), TU (microalga úmida), TM (microalga meio de cultivo) e TC (Controle), durante 32 dias de experimento. Valores médios \pm desvio padrão para três repetições.

Os resultados de desempenho zootécnico dos camarões da espécie *L. vannamei* no decorrer dos 32 dias de experimento estão apresentados na (Tabela 1). Os valores de peso final, ganho de peso e biomassa final, no tratamento TU e TC foram significativamente maiores ($p < 0,05$) do que os demais tratamentos. O ganho de peso semanal variou de 0,09 a 0,13 g entre os tratamentos e a sobrevivência foi superior a 65% em todos os tratamentos não diferindo estatisticamente ($p > 0,05$).

Tabela 1: Parâmetros de desempenho zootécnico dos camarões *L. vannamei* durante o experimento com a microalga *Conticribra weissflogii* nos tratamentos TS (microalga seca), TU (microalga úmida), TM (microalga meio de cultivo), TC (controle). Os dados são correspondentes a média de 3 repetições \pm desvio padrão. Letras diferentes na mesma linha indicam que as médias diferem estatisticamente. Teste t ($p < 0,05$).

	TS	TU	TM	TC
Peso inicial (g)	0,014 \pm 0,01	0,014 \pm 0,01	0,014 \pm 0,01	0,014 \pm 0,01
Peso final (g)	0,38 \pm 0,05 ^{ab}	0,53 \pm 0,08 ^a	0,36 \pm 0,01 ^b	0,53 \pm 0,09 ^a
Ganho de peso (g)	0,36 \pm 0,04 ^{ab}	0,52 \pm 0,08 ^a	0,35 \pm 0,01 ^b	0,51 \pm 0,09 ^a

Biomassa final (g)	2,70 ± 1,03 ^{ab}	4,71 ± 0,91 ^a	2,39 ± 0,68 ^b	4,92 ± 0,88 ^a
Ganho de peso semanal (g)	0,09±0,01	0,13±0,02	0,09±0,00	0,13±0,02
Sobrevivência (%)	70 ± 17,32	90 ± 17,32	70 ± 26,46	93 ± 5,77

4.1.2 *Nannochloropsis oceanica*

O valor médio da temperatura foi de 27,36 ±0,07 °C em todos os tratamentos, não havendo diferença estatística ($p>0,05$) entre os mesmos. O valor mínimo (Figura 11) foi de 22 ° C no tratamento TU, enquanto que o valor máximo foi de 29 ° C no tratamento TC.

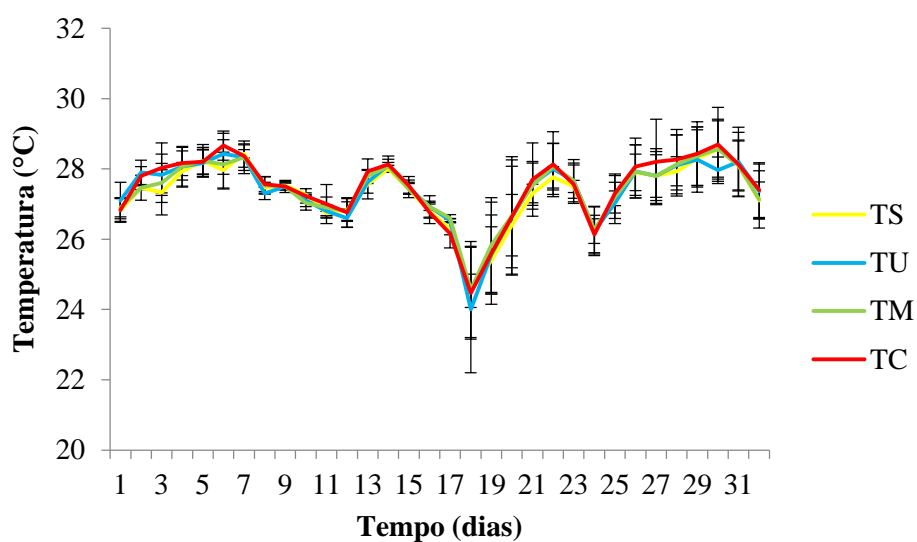


Figura 11 – Valores médios (\pm DP) diários de Temperatura (° C) nos tratamentos TS (microalga seca), TU (microalga úmida) TM (microalga meio de cultivo) e TC (Controle), durante 32 dias de experimento. Valores médios \pm desvio padrão para três repetições.

A salinidade (Figura 12) variou entre 30 e 32 em todos os tratamentos. Pequenas oscilações ocorreram no decorrer do estudo, entretanto não houve diferenças significativas ($p>0,05$) entre os tratamentos.

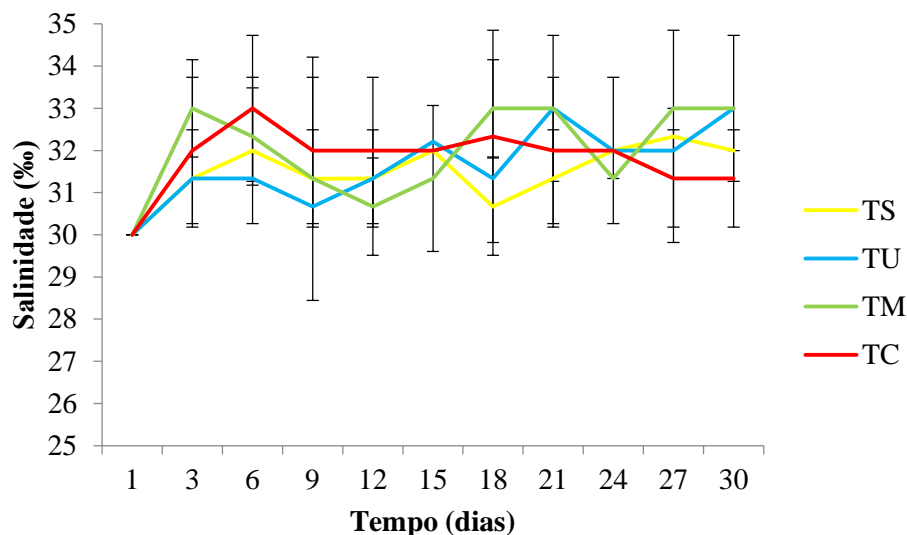


Figura 12– Valores médios (\pm DP) de salinidade (%) nos tratamentos TS (microalga seca), TU (microalga úmida), TM (microalga meio de cultivo) e TC (Controle), durante 32 dias de experimento. Valores médios \pm desvio padrão para três repetições.

As médias de oxigênio dissolvido se mantiveram na faixa de $5,44 \pm 0,01 \text{ mg.L}^{-1}$, para todos os tratamentos e não diferindo estatisticamente ($p>0,05$) (Figura 13). O valor mínimo encontrado foi no tratamento TM com concentração de $4,85 \text{ mg.L}^{-1}$ e máximo de $6,64 \text{ mg.L}^{-1}$, no tratamento TU.

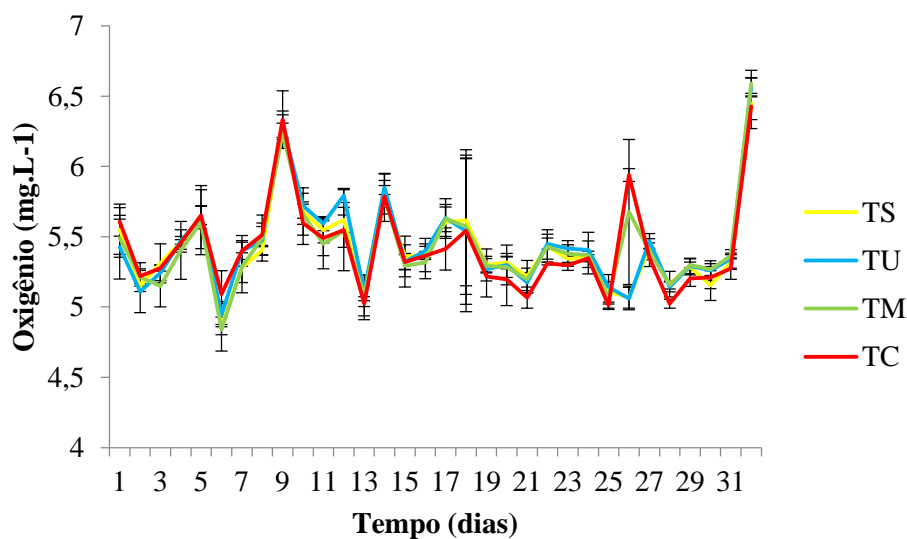


Figura 13 – Valores médios (\pm DP) diários de oxigênio (mg.L^{-1}) nos tratamentos TS (microalga seca), TU (microalga úmida) TM (microalga meio de cultivo) e TC (Controle), durante 32 dias de experimento. Valores médios \pm desvio padrão para três repetições.

As concentrações de amônia (Figura 14) apresentaram média de $0,55 \pm 0,31 \text{ mg.L}^{-1}$. Para manter as concentrações de amônia abaixo de 1 mg.L^{-1} , foram realizadas fertilizações com melaço a partir do terceiro dia em todos os tratamentos. A aplicação de melaço foi realizada com mais frequência no tratamento controle até o 12º dia, não diferindo estatisticamente ($p>0,05$) A partir do 13º dia as concentrações ficaram em níveis indetectáveis em todos os tratamentos O menor valor ocorreu no tratamento TM ($0,02 \text{ mg.L}^{-1}$) e o maior (24 mg.L^{-1}) no tratamento TC.

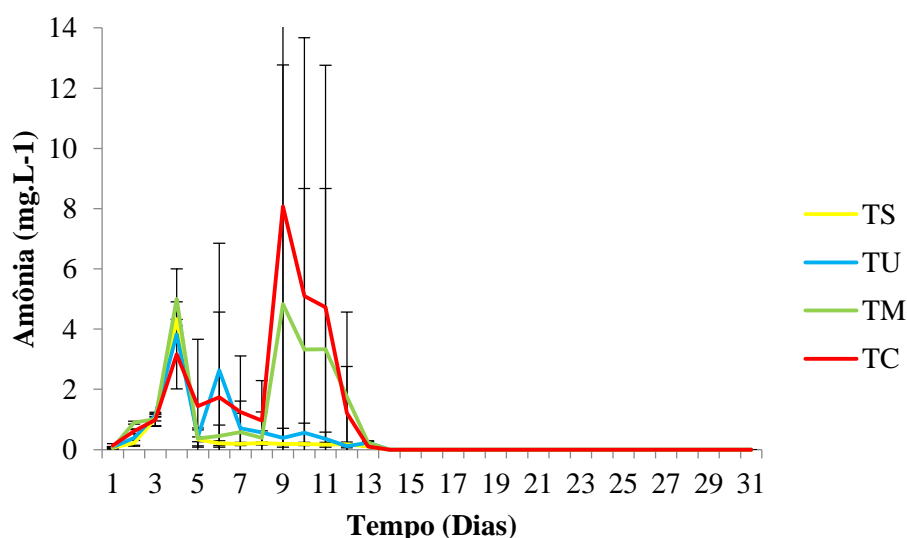


Figura 14 – Valores médios (\pm DP) diários de amônia (mg.L^{-1}) nos tratamentos TS (microalga seca), TU (microalga úmida) TM (microalga meio de cultivo) e TC (Controle), durante 32 dias de experimento. Valores médios \pm desvio padrão para três repetições.

Os valores de nitrito (Figura 15) não apresentaram diferenças significativas ($p>0,05$), entre os tratamentos. Maiores médias ocorreram no tratamento TM ($8,75 \pm 13,20 \text{ mg.L}^{-1}$) seguido do tratamento TU ($7,33 \pm 10,96 \text{ mg.L}^{-1}$), no 12º dia houve renovação de 40% do volume total dos baldes, pois os níveis de nitrito subiram mais que 15 mg.L^{-1} . O menor valor foi no tratamento TS ($0,12 \text{ mg.L}^{-1}$).

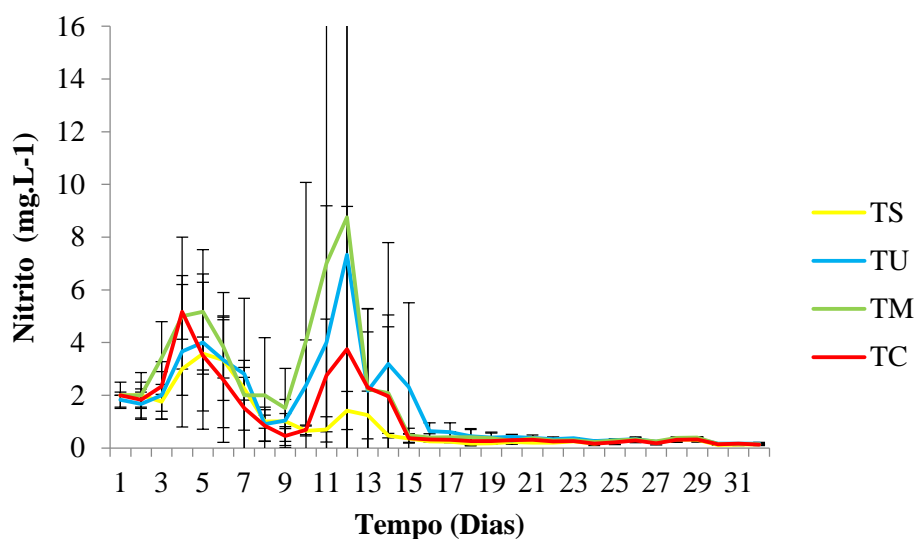


Figura 15 – Valores médios (\pm DP) diários de nitrito (mg.L^{-1}) nos tratamentos TS (microalga seca), TU (microalga úmida) TM (microalga meio de cultivo) e TC (Controle), durante 32 dias de experimento. Valores médios \pm desvio padrão para três repetições.

Os dados de nitrato (Figura 16) mostram que o tratamento TU apresentou as menores concentrações com $4,00 \text{ mg.L}^{-1}$ e maiores ocorreram no tratamento TS ($109,74 \text{ mg.L}^{-1}$). Porém, não houve diferenças estatísticas ($p > 0,05$) entre os tratamentos durante os dias de experimento.

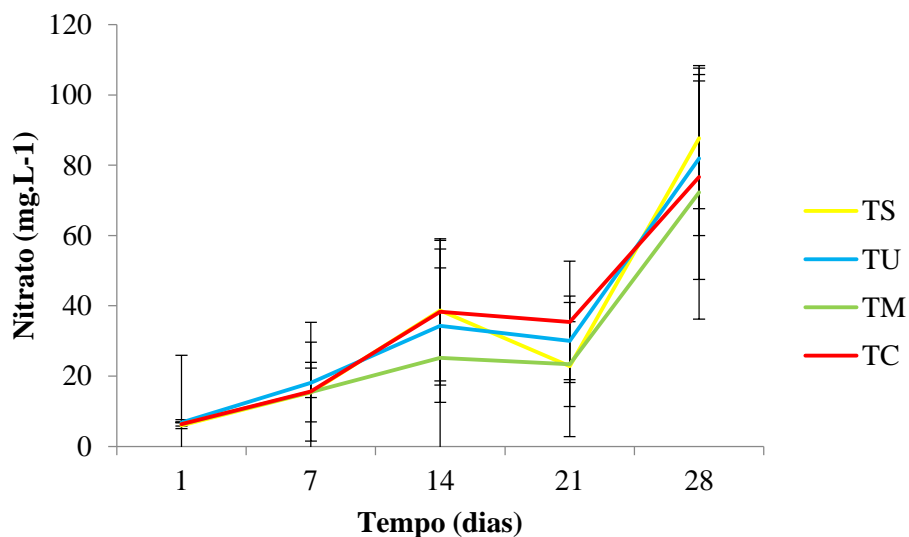


Figura 16 – Valores médios (\pm DP) de nitrato (mg.L^{-1}) nos tratamentos TS (microalga seca), TU (microalga úmida) TM (microalga meio de cultivo) e TC (Controle), durante 32 dias de experimento. Valores médios \pm desvio padrão para três repetições.

As médias de fosfato nos tratamentos (Figura 17) foram de $0,30 \pm 0,14 \text{ mg.L}^{-1}$. Os valores medidos para o tratamento TS apresentou as menores concentrações com $0,17 \text{ mg.L}^{-1}$ e maiores ocorreram no tratamento TU ($3,50 \text{ mg.L}^{-1}$). Porém, não houve diferenças estatísticas ($p > 0,05$) entre os tratamentos durante os dias de experimento.

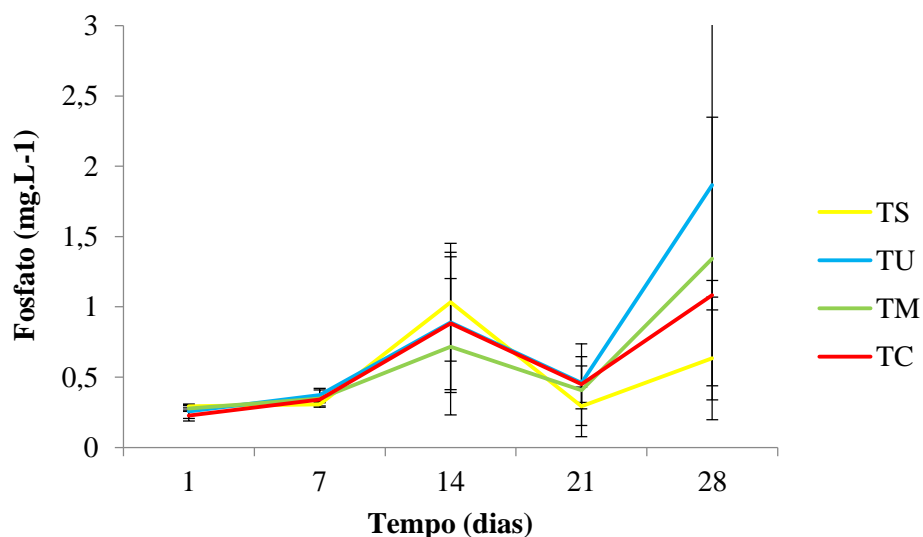


Figura 17 – Valores médios (\pm DP) de fosfato (mg.L^{-1}) nos tratamentos TS (microalga seca), TU (microalga úmida) TM (microalga meio de cultivo) e TC (Controle), durante 32 dias de experimento. Valores médios \pm desvio padrão para três repetições.

Os valores de pH (Figura 18) não apresentaram diferenças significativas ($p > 0,05$) entre os tratamentos, o valor médio em todos os tratamentos foi de $8,00 \pm 0,03$, o valor mínimo foi 7,32 no tratamento TM, enquanto que a concentração máxima foi de 8,31 medida no tratamento TC.

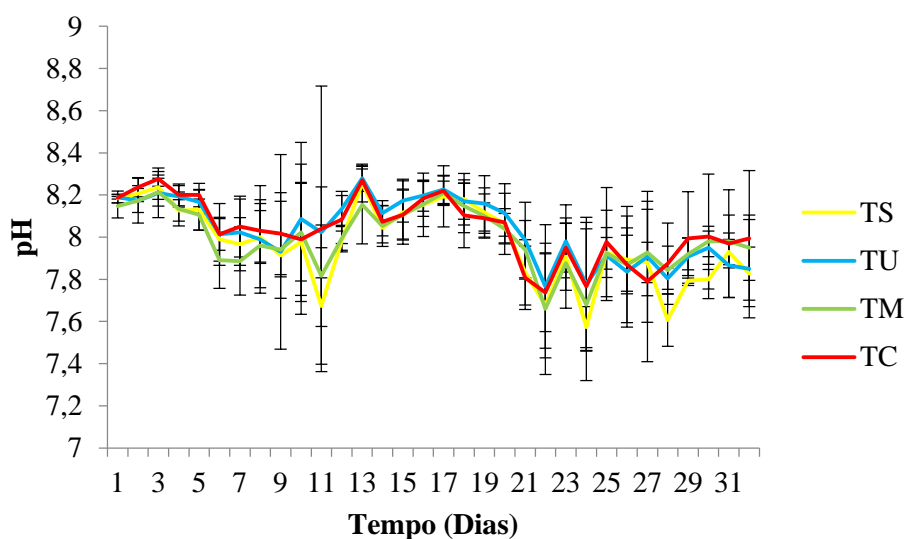


Figura 18 – Valores médios (\pm DP) diários de pH nos tratamentos TS (microalga seca), TU (microalga úmida) TM (microalga meio de cultivo) e TC (Controle), durante 32 dias de experimento. Valores médios \pm desvio padrão para três repetições.

Os valores médios de alcalinidade (Figura 19) foram de $114,28 \pm 3,42 \text{ mg.L}^{-1}$ apresentando valores mínimo no tratamento TS ($76,67 \text{ mg.L}^{-1}$) e máximo ($245 \pm 18,70 \text{ mg.L}^{-1}$) no tratamento TC. Não houve diferenças significativas ($p > 0,05$) entre os tratamentos.

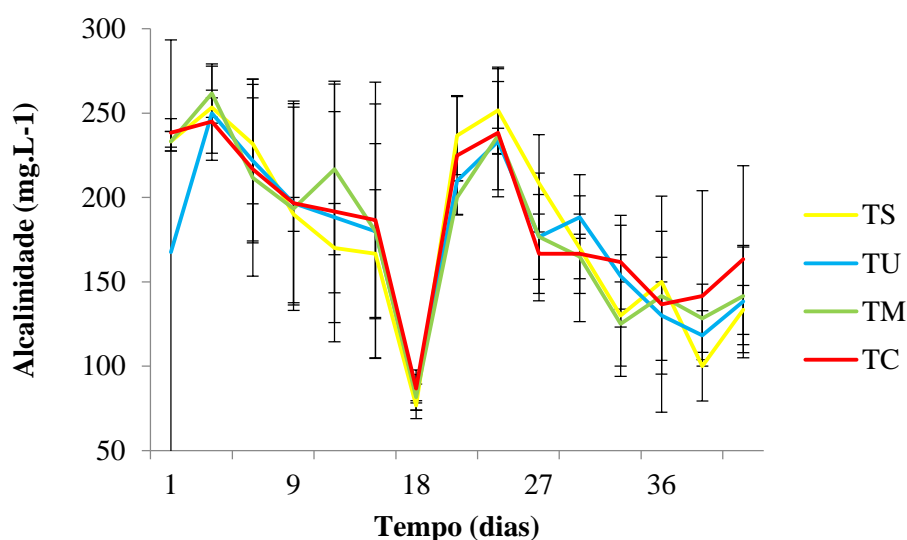


Figura 19 – Valores médios (\pm DP) de alcalinidade (mg.L^{-1}) nos tratamentos TS (microalga seca), TU (microalga úmida) TM (microalga meio de cultivo) e TC (Controle), durante 32 dias de experimento. Valores médios \pm desvio padrão para três repetições.

As concentrações de sólidos suspensos totais (Figura 20) medidos foram menores no tratamento TS (83 mg.L⁻¹) e maiores valores no tratamento TM (975 mg.L⁻¹), porém não houve diferenças significativas (p>0,05) entre os tratamentos.

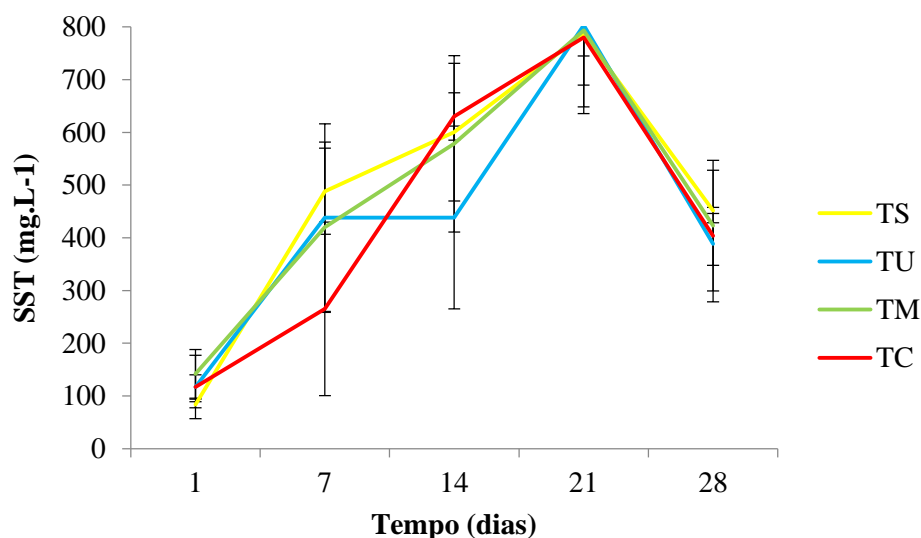


Figura 20 – Valores médios (\pm DP) de SST (mg.L⁻¹) nos tratamentos TS (microalga seca), TU (microalga úmida) TM (microalga meio de cultivo) e TC (Controle), durante 32 dias de experimento. Valores médios \pm desvio padrão para três repetições.

Os resultados de desempenho zootécnico dos camarões da espécie *L. vannamei* no decorrer dos 32 dias de experimento estão apresentados na (Tab 2). Os valores de peso final, ganho de peso, biomassa final e ganho de peso semanal no tratamento TM e TC foram maiores, porém não diferindo estatisticamente (p>0,05) dos demais tratamentos. A sobrevivência foi superior a 85% em todos os tratamentos não diferindo estatisticamente (p>0,05).

Tabela 2: Parâmetros de desempenho zootécnico dos camarões *L. vannamei* durante o experimento com a microalga *Nannochloropsis oceanica* nos tratamentos TS (microalga seca), TU (microalga úmida), TM (microalga meio de cultivo), TC (controle). Os dados são correspondentes a média de 3 repetições \pm desvio padrão. Letras diferentes na mesma linha indicam que as médias diferem estatisticamente. Teste t ($p>0,05$).

	TS	TU	TM	TC
Peso inicial (g)	0,014 \pm 0,01	0,014 \pm 0,01	0,014 \pm 0,01	0,014 \pm 0,01
Peso final (g)	0,42 \pm 0,11	0,43 \pm 0,17	0,51 \pm 0,19	0,53 \pm 0,09
Ganho de peso (g)	0,41 \pm 0,10	0,42 \pm 0,19	0,50 \pm 0,17	0,51 \pm 0,09
Biomassa final (g)	4,10 \pm 1,80	3,97 \pm 2,11	4,95 \pm 0,68	4,92 \pm 0,88
Ganho de peso semanal (g)	0,10 \pm 0,03	0,10 \pm 0,05	0,12 \pm 0,04	0,13 \pm 0,02
Sobrevivência (%)	96 \pm 5,77	90 \pm 10	96 \pm 5,77	93 \pm 5,77

4.2. EXPERIMENTO 2

4.2.1. *Conticribra weissflogii*

O valor médio da temperatura (Figura 21) foi de $28 \pm 0,14$ °C em todos os tratamentos, não havendo diferença estatística ($p>0,05$) entre os mesmos. O valor mínimo foi de $25,70$ °C no tratamento TS, enquanto que o valor máximo foi de $28,60$ °C no tratamento TC.

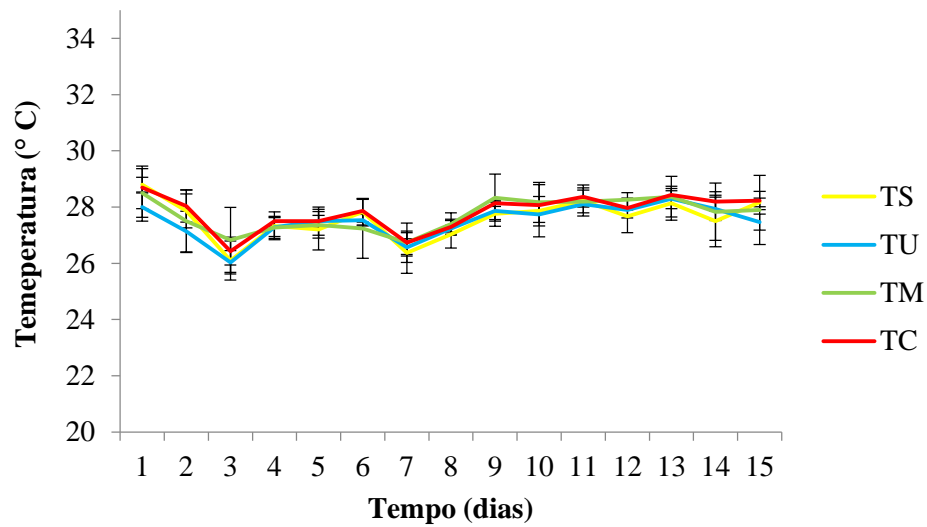


Figura 21 – Valores médios (\pm DP) diários de Temperatura ($^{\circ}$ C) nos tratamentos TS (microalga seca), TU (microalga úmida) TM (microalga meio de cultivo) e TC (Controle), durante 15 dias de experimento. Valores médios \pm desvio padrão para três repetições.

A salinidade (Figura 22) iniciou com valores médios de $32 \pm 0,00$ e terminou com $33,25 \pm 0,96$ em todos os tratamentos. Ocorreram pequenas oscilações no decorrer do estudo, entretanto não houve diferenças significativas ($p > 0,05$) entre os tratamentos.

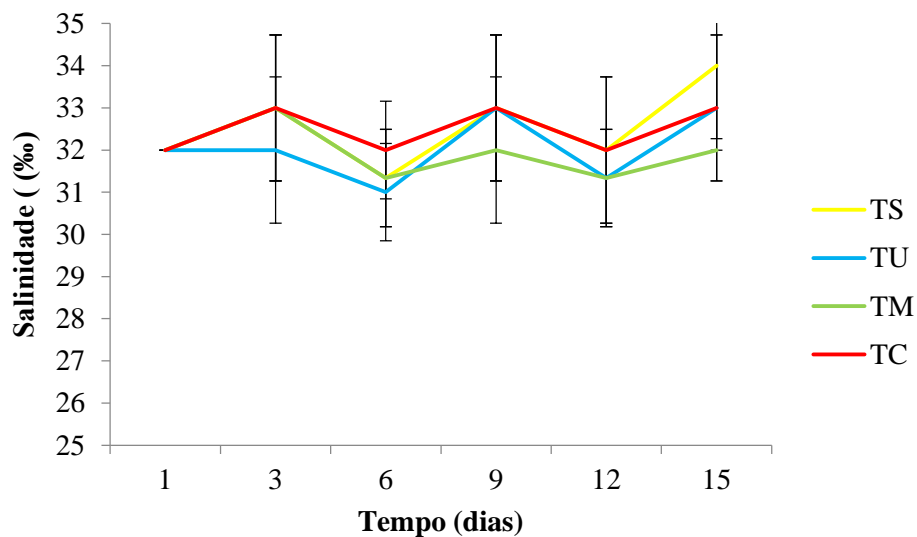


Figura 22– Valores médios (\pm DP) de salinidade (‰) nos tratamentos TS (microalga seca), TU (microalga úmida), TM (microalga meio de cultivo) e TC (Controle), durante 15 dias de experimento. Valores médios \pm desvio padrão para três repetições.

As médias de oxigênio dissolvido se mantiveram na faixa de $5,64 \pm 0,03 \text{ mg.L}^{-1}$, para todos os tratamentos e não houve diferença estatística ($p > 0,05$) entre estes. O valor (Figura 23) mínimo e máximo ocorreram no tratamento TS com concentrações de $5,06 \text{ mg.L}^{-1}$ e $6,70 \text{ mg.L}^{-1}$, respectivamente.

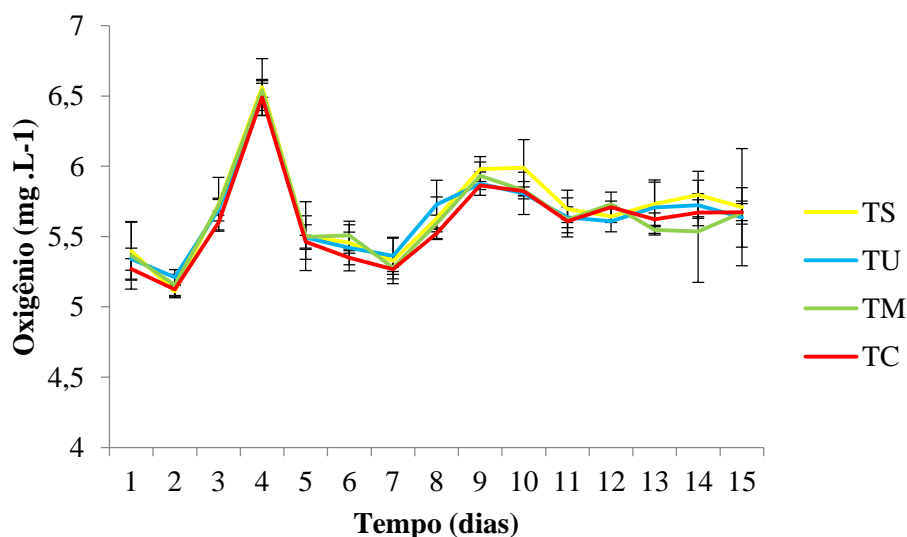


Figura 23 – Valores médios (\pm DP) diários de oxigênio (mg.L^{-1}) nos tratamentos TS (microalga seca), TU (microalga úmida) TM (microalga meio de cultivo) e TC (Controle), durante 15 dias de experimento. Valores médios \pm desvio padrão para três repetições.

As concentrações de amônia (Figura 24) apresentaram médias de $0,12 \pm 0,01 \text{ mg.L}^{-1}$ a partir do 4º dia os valores decresceram em todos os tratamentos. Com valor mínimo no tratamento TS ($0,22 \text{ mg.L}^{-1}$) e máximo no tratamento TC ($0,97 \text{ mg.L}^{-1}$), não diferindo estatisticamente ($p > 0,05$) entre estes.

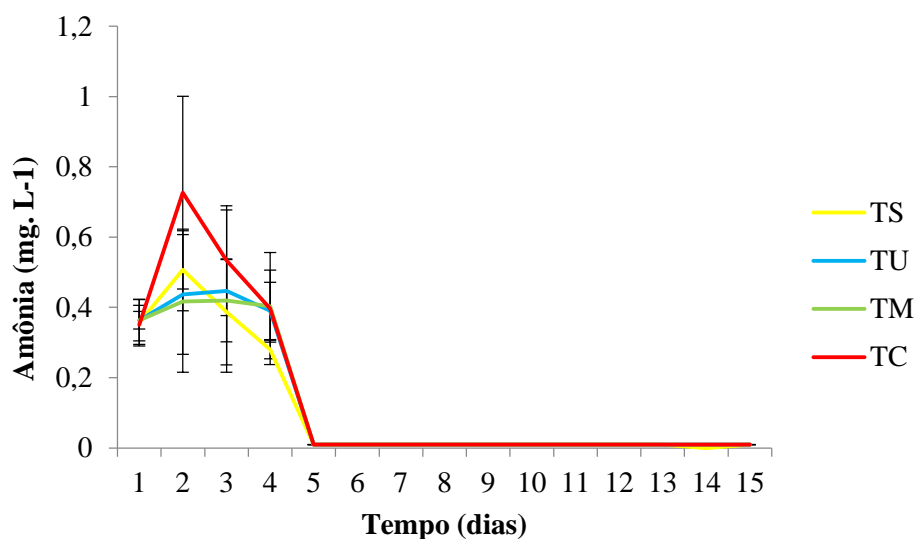


Figura 24 – Valores médios (\pm DP) diários de amônia (mg.L^{-1}) nos tratamentos TS (microalga seca), TU (microalga úmida) TM (microalga meio de cultivo) e TC (Controle), durante 15 dias de experimento. Valores médios \pm desvio padrão para três repetições.

As médias de nitrito (Figura 25), ($2,55 \pm 0,29 \text{ mg.L}^{-1}$) não apresentaram diferenças significativas ($p > 0,05$), entre os tratamentos. O valor máximo ocorreu no tratamento TM (15 mg L^{-1}) e mínimo no tratamento TC ($0,13 \text{ mg L}^{-1}$).

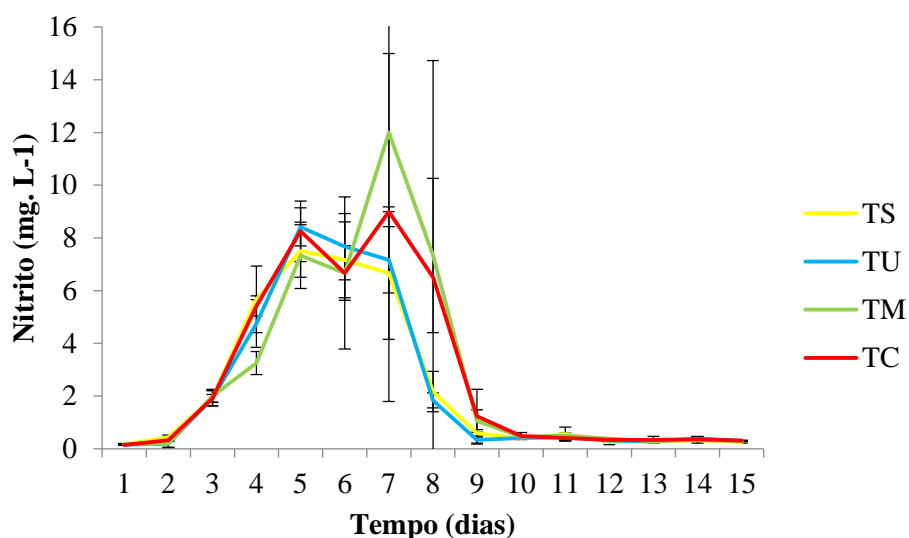


Figura 25 – Valores médios (\pm DP) diários de amônia (mg.L^{-1}) nos tratamentos TS (microalga seca), TU (microalga úmida) TM (microalga meio de cultivo) e TC (Controle), durante 15 dias de experimento. Valores médios \pm desvio padrão para três repetições

As médias de nitrato (Figura 26) entre os tratamentos foram de $38,94 \pm 2,06$. O tratamento TS apresentou maior concentração ($75,33 \text{ mg.L}^{-1}$) e o tratamento TM apresentou o menor valor medido ($7,15 \text{ mg.L}^{-1}$), porém não houve diferenças estatísticas ($p > 0,05$) durante os dias de experimento.

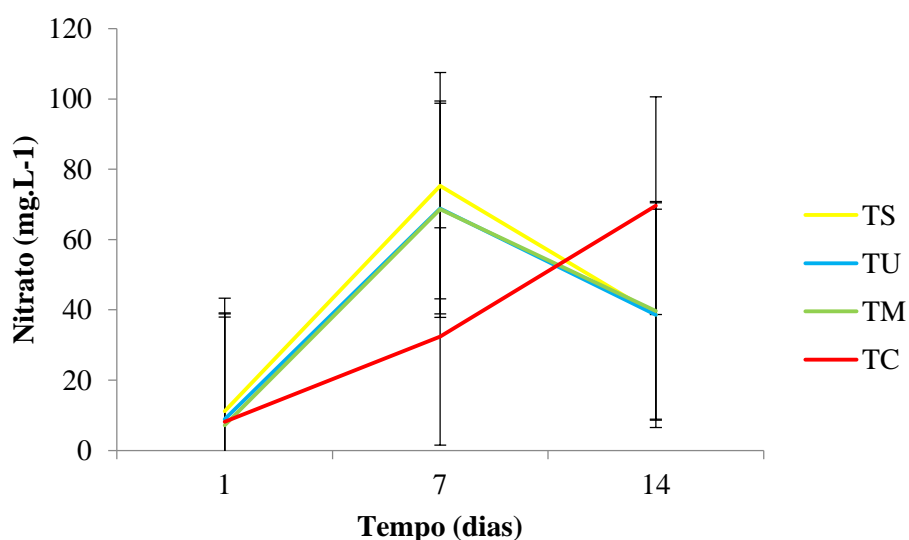


Figura 26 – Valores médios (\pm DP) de nitrato (mg.L^{-1}) nos tratamentos TS (microalga seca), TU (microalga úmida) TM (microalga meio de cultivo) e TC (Controle), durante 15 dias de experimento. Valores médios \pm desvio padrão para três repetições.

Os valores de fosfato (Figura 27) não apresentaram diferenças significativas ($p > 0,05$) entre os tratamentos durante os dias de experimento. O maior valor de fosfato foi no tratamento TS $4,5 \text{ mg.L}$ e mínima no tratamento TC $0,70 \text{ mg.L}$.

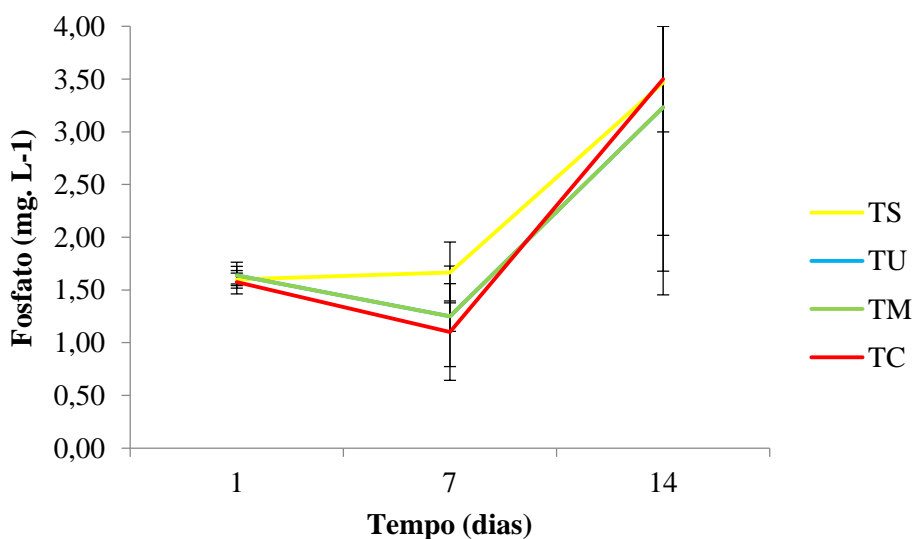


Figura 27 – Valores médios (\pm DP) de fosfato (mg.L^{-1}) nos tratamentos TS (microalga seca), TU (microalga úmida) TM (microalga meio de cultivo) e TC (Controle), durante 15 dias de experimento. Valores médios \pm desvio padrão para três repetições

Os valores de pH (Figura 28) não apresentaram diferenças significativas ($p>0,05$) entre os tratamentos, o valor médio em todos os tratamentos foi de $7,88 \pm 0,06$, o valor mínimo ocorreu no tratamento TU (6,78), enquanto que a concentração máxima (8,30) foi encontrada no tratamento TC.

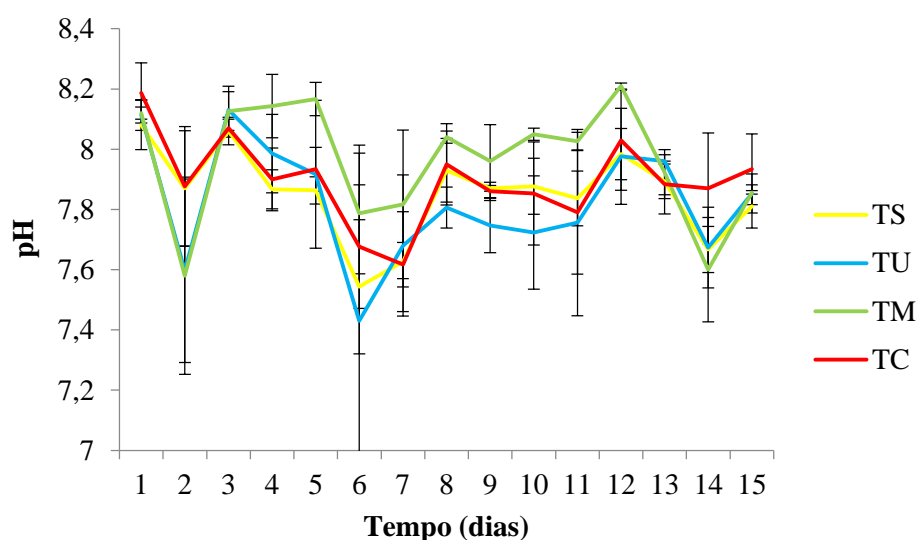


Figura 28 – Valores médios (\pm DP) diários de pH nos tratamentos TS (microalga seca), TU (microalga úmida) TM (microalga meio de cultivo) e TC (Controle), durante 15 dias de experimento. Valores médios \pm desvio padrão para três repetições.

As médias de alcalinidade (Figura 29) não apresentaram diferenças significativas ($p>0,05$) entre os tratamentos, apresentando valores menores no tratamento TS, TU e TC com 75 mg.L^{-1} , e maior (175 mg.L^{-1}) no tratamento TM.

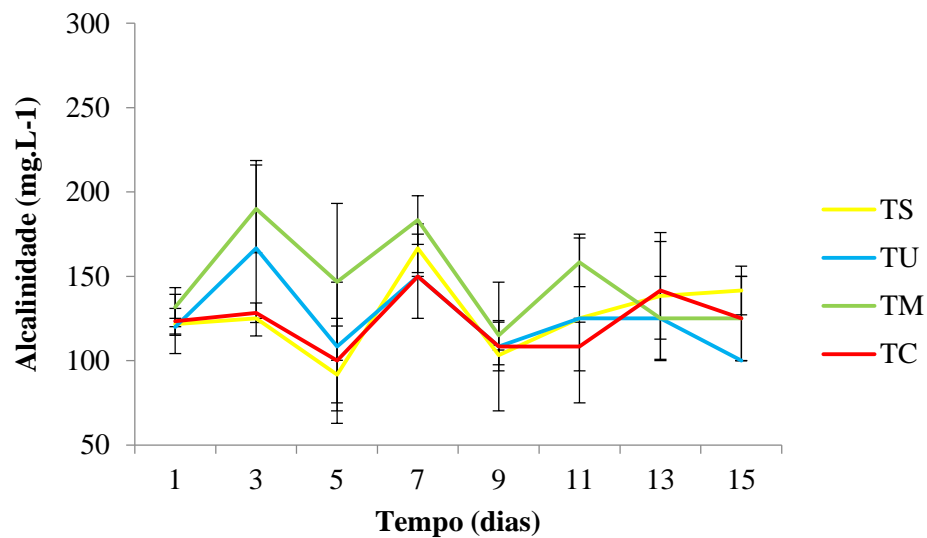


Figura 29 – Valores médios (\pm DP) de alcalinidade (mg.L^{-1}) nos tratamentos TS (microalga seca), TU (microalga úmida) TM (microalga meio de cultivo) e TC (Controle), durante 15 dias de experimento. Valores médios \pm desvio padrão para três repetições.

As concentrações de sólidos suspensos totais (Figura 30) foi menor no tratamento TC, com 440 mg.L^{-1} e maiores no tratamento TS, com 840 mg.L^{-1} , porém os valores de médias não apresentaram diferenças significativas ($p > 0,05$) entre os tratamentos.

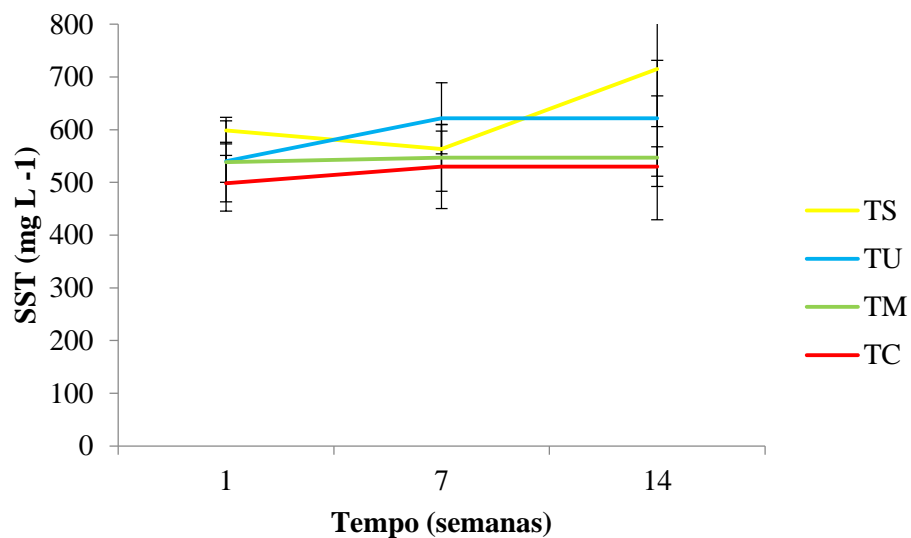


Figura 30 – Valores médios (\pm DP) de SST (mg.L^{-1}) nos tratamentos TS (microalga seca), TU (microalga úmida) TM (microalga meio de cultivo) e TC (Controle), durante 15 dias de experimento. Valores médios \pm desvio padrão para três repetições.

Os resultados de desempenho zootécnico dos camarões da espécie *L. vannamei* no decorrer dos 15 dias de experimento estão apresentados na (Tabela 3). Os valores de peso final e biomassa final no tratamento TS e TC foram maiores, porém não diferindo estatisticamente ($p>0,05$) dos demais tratamentos. A sobrevivência foi superior a 65% em todos os tratamentos não diferindo estatisticamente ($p>0,05$).

Tabela 3: Parâmetros de desempenho zootécnico dos camarões *L. vannamei* durante o experimento com a microalga *Conticribra weissflogii* nos tratamentos TS (microalga seca), TU (microalga úmida), TM (microalga meio de cultivo), TC (controle). Os dados são correspondentes a média de 3 repetições \pm desvio padrão. Letras diferentes na mesma linha indicam que as médias diferem estatisticamente. Teste t ($p<0,05$).

	TS	TU	TM	TC
Peso inicial (g)	0,70 \pm 0,30	0,70 \pm 0,30	0,70 \pm 0,30	0,70 \pm 0,30
Peso final (g)	0,94 \pm 0,31	0,87 \pm 0,26	0,75 \pm 0,27	0,92 \pm 0,22
Biomassa final (g)	8,50 \pm 2,77	7,74 \pm 4,22	5,35 \pm 3,63	7,91 \pm 1,80
Sobrevivência (%)	90 \pm 0	83 \pm 28,87	66 \pm 20,82	86 \pm 5,77

4.2.1.1 Teores de lipídeo e ácidos graxos

Os percentuais de lipídeos no músculo do camarão (Tabela 4) não apresentaram diferenças estatísticas ($p>0,05$) entre os tratamentos, com maior valor no tratamento TM (11,65 %) e menor valor no tratamento TS (10,80 %).

O ácido graxo C 20:4 (Tabela 4) apresentou diferenças significativas ($p>0,05$), com maiores valores no tratamento TU (5,21 \pm 0,42 %) e menores valores no tratamento TM (4,43 \pm 1,92 %). Também o ácido graxo C 22:6 apresentou diferenças significativas, com maior valor no tratamento TM com (11,25 \pm 0,28 %) e menor no tratamento TU (10,23 \pm 0,30 %). Os demais valores percentuais de ácidos graxos não apresentaram diferenças significativas Teste t ($p>0,05$)

Tabela 4. Valores médios (\pm DP) do percentual de lipídeos da biomassa seca e perfil de ácidos graxos no músculo dos camarões suplementado com a microalga *Conticribra weissflogii* nos tratamentos TC (controle), TS (microalga seca), TU (microalga úmida), TM (microalga meio de cultivo). Diferentes letras na mesma linha indicam diferença significativa Teste t ($p < 0,05$).

	Tratamentos			
	TS	TU	TM	TC
LIPÍDEOS (%)	10,80 \pm 3,44	11,07 \pm 1,94	11,65 \pm 6,43	11,30 \pm 0,72
PERFIL DE ACIDOS GRAXOS (%)				
C 16:0	15,86 \pm 0,44	15,67 \pm 0,21	14,85 \pm 0,83	15,73 \pm 0,21
C 18:0	11,33 \pm 0,30	11,26 \pm 0,10	10,07 \pm 1,66	11,21 \pm 0,38
C 18:1	15,36 \pm 0,31	15,08 \pm 0,61	13,38 \pm 0,57	15,31 \pm 0,33
C 18:2	10,35 \pm 0,21	10,12 \pm 0,09	8,63 \pm 3,99	10,40 \pm 0,44
C 20:4	5,03 \pm 0,03 ^a	5,21 \pm 0,42 ^{ab}	4,43 \pm 1,92 ^b	5,07 \pm 0,13 ^{ab}
C 20:5	9,08 \pm 0,24	9,34 \pm 0,13	10,38 \pm 0,86	9,24 \pm 0,48
C 22:6	10,47 \pm 0,11 ^a	10,23 \pm 0,30 ^{ab}	11,25 \pm 0,28 ^b	10,52 \pm 0,48 ^{ab}

4.2.2. *Nannochloropsis oceanica*

O valor médio da temperatura (Figura 31) foi de (27,56 \pm 0,20 °C) em todos os tratamentos, não havendo diferença estatística ($p > 0,05$) entre os mesmos. O valor mínimo foi de 25,40 °C no tratamento TM, enquanto que o valor máximo foi de 29,5 °C no tratamento controle.

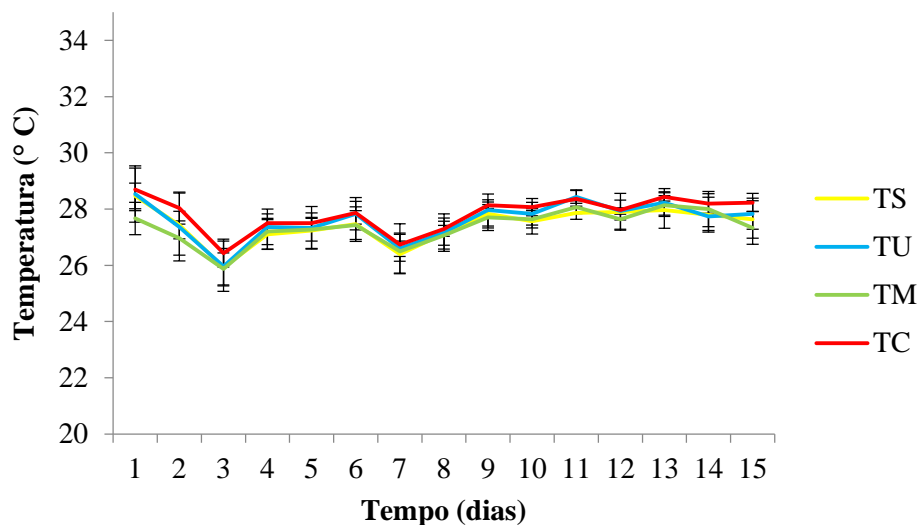


Figura 31– Valores médios (\pm DP) diários de temperatura ($^{\circ}$ C) nos tratamentos TS (microalga seca), TU (microalga úmida) TM (microalga meio de cultivo) e TC (Controle), durante 15 dias de experimento. Valores médios \pm desvio padrão para três repetições.

A salinidade (Figura 32) iniciou com valores médios de ($32 \pm 0,00$) e terminou com ($33 \pm 0,87$) em todos os tratamentos. Ocorreram pequenas oscilações no decorrer do estudo, entretanto não houve diferenças significativas ($p > 0,05$) entre os tratamentos.

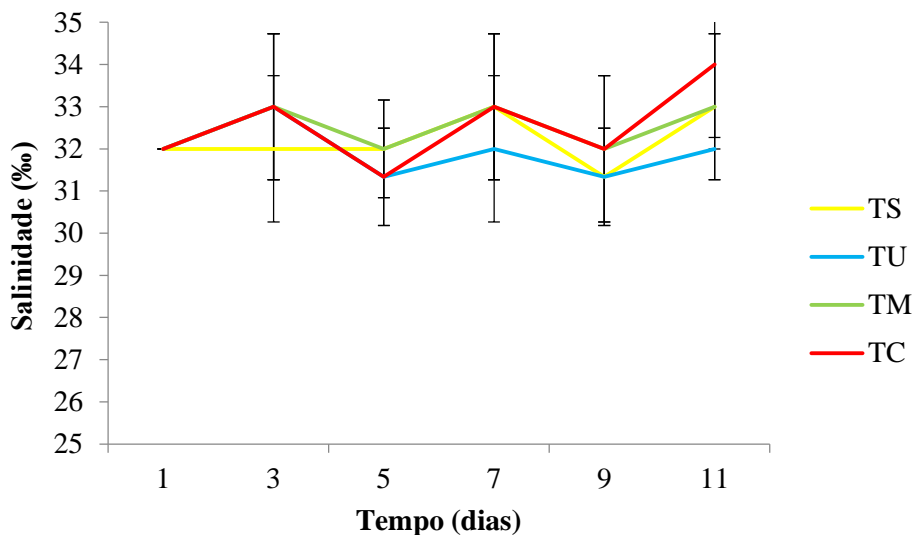


Figura 32– Valores médios (\pm DP) de salinidade (‰) nos tratamentos TS (microalga seca), TU (microalga úmida), TM (microalga meio de cultivo) e TC (Controle), durante 15 dias de experimento. Valores médios \pm desvio padrão para três repetições.

As médias de oxigênio dissolvido (Figura 33) se se mantiveram na faixa de $5,65 \pm 0,05 \text{ mg.L}^{-1}$, para todos os tratamentos, não diferindo estatisticamente ($p > 0,05$) entre estes. O valor mínimo encontrado foi no tratamento TC com concentração de 5,08 mg.

L⁻¹, enquanto que o valor máximo foi no tratamento TM com concentração de 6,75 mg.L⁻¹.

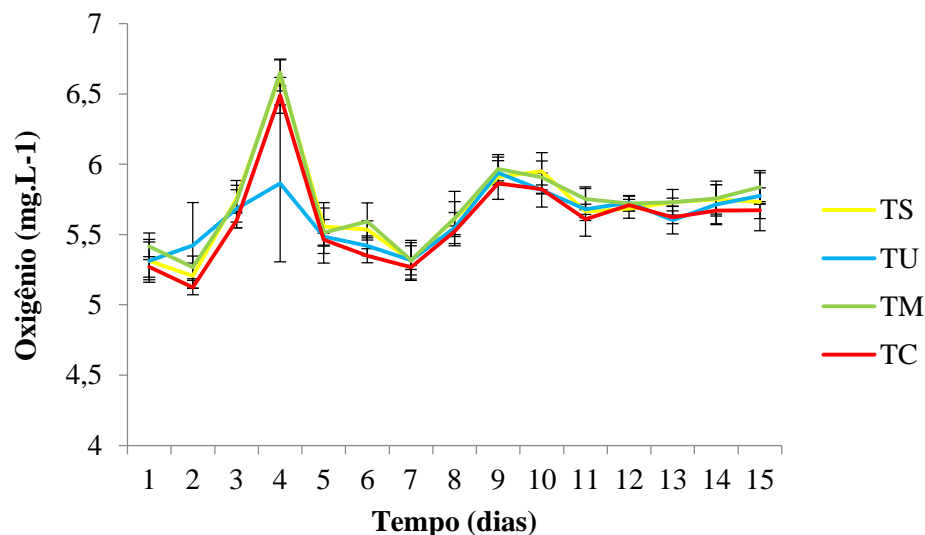


Figura 33 – Valores médios (\pm DP) diários de oxigênio (mg.L⁻¹) nos tratamentos TS (microalga seca), TU (microalga úmida) TM (microalga meio de cultivo) e TC (Controle), durante 15 dias de experimento. Valores médios \pm desvio padrão para três repetições.

As concentrações de amônia (Figura 34) apresentaram médias de $0,13 \pm 0,09$ mg.L⁻¹. A partir do 4º dia os valores decresceram em todos os tratamentos, com valor mínimo no tratamento TU ($0,22$ mg.L⁻¹) e máximo no tratamento TC ($0,97$ mg.L⁻¹), não havendo diferenças estatísticas ($p > 0,05$) entre os tratamentos.

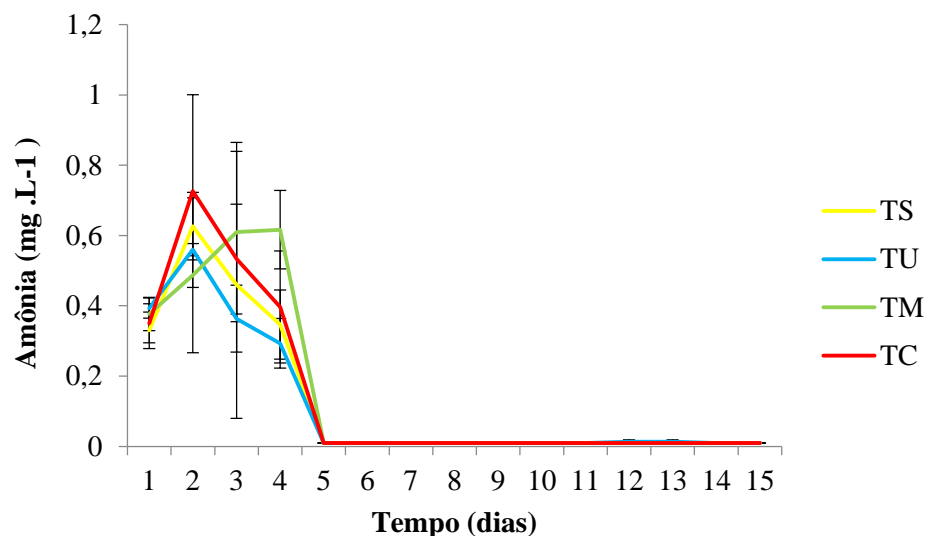


Figura 34 – Valores médios (\pm DP) diários de amônia (mg.L⁻¹) nos tratamentos TS (microalga seca), TU (microalga úmida) TM (microalga meio de cultivo) e TC (Controle), durante 15 dias de experimento. Valores médios \pm desvio padrão para três repetições.

As médias de nitrito ($2,63 \pm 0,46$) (Figura 35) não apresentaram diferenças significativas ($p>0,05$), entre os tratamentos. Maior e menor valor foi medido no tratamento TC (17 mg.L^{-1} e $0,13 \text{ mg.L}^{-1}$, respectivamente).

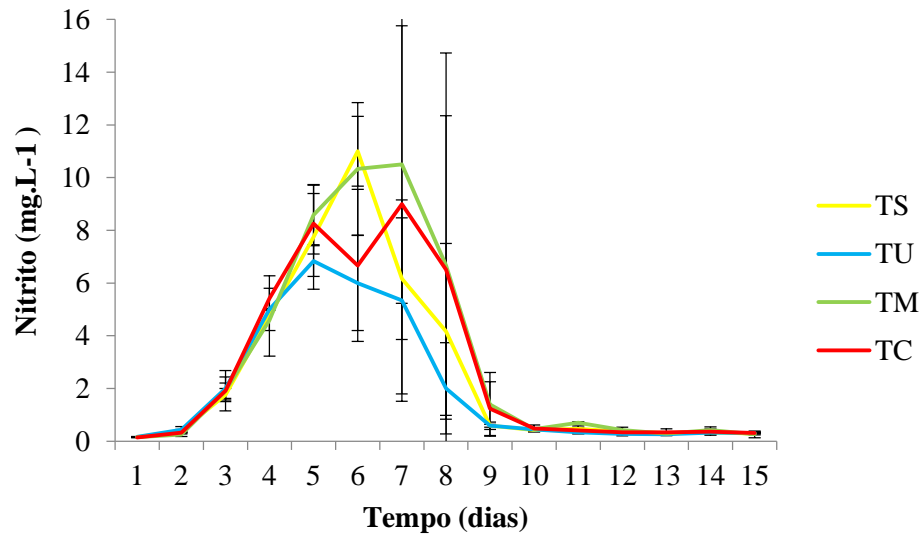


Figura 35 – Valores médios (\pm DP) diários de nitrito (mg.L^{-1}) nos tratamentos TS (microalga seca), TU (microalga úmida) TM (microalga meio de cultivo) e TC (Controle), durante 15 dias de experimento. Valores médios \pm desvio padrão para três repetições.

Os valores de nitrato o tratamento TM apresentou maior e menor concentração (Figura 36) com valores de ($89,70 \text{ mg.L}^{-1}$) e ($1,85 \text{ mg.L}^{-1}$), porém não houve diferenças estatísticas ($p>0,05$) durante o experimento entre os tratamentos.

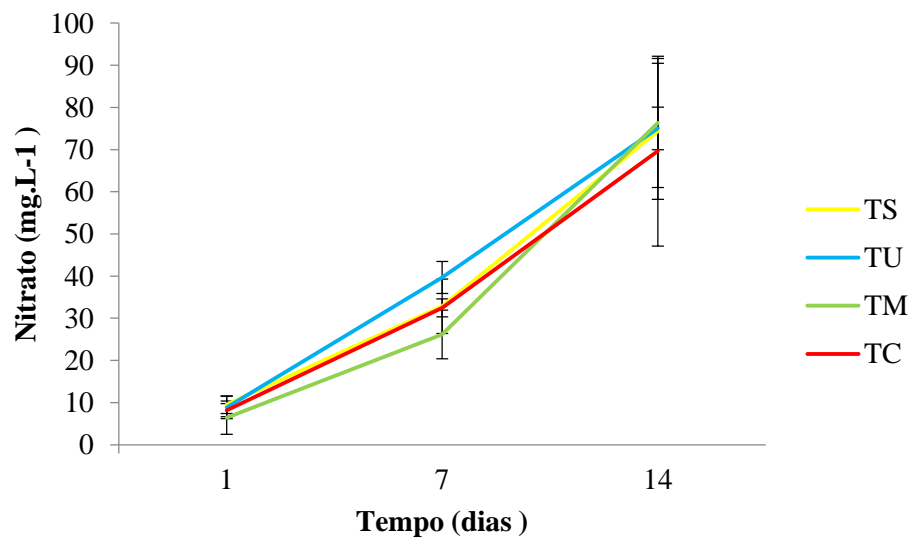


Figura 36 – Valores médios (\pm DP) de nitrato (mg.L^{-1}) nos tratamentos TS (microalga seca), TU (microalga úmida) TM (microalga meio de cultivo) e TC (Controle), durante 15 dias de experimento. Valores médios \pm desvio padrão para três repetições.

Os valores de fosfato (Figura 37) não apresentaram diferenças significativas ($p>0,05$) entre os tratamentos durante os dias de experimento. O maior valor de fosfato foi no tratamento TC $3,5 \text{ mg.L}^{-1}$ e mínima no tratamento TS $0,70 \text{ mg.L}^{-1}$.

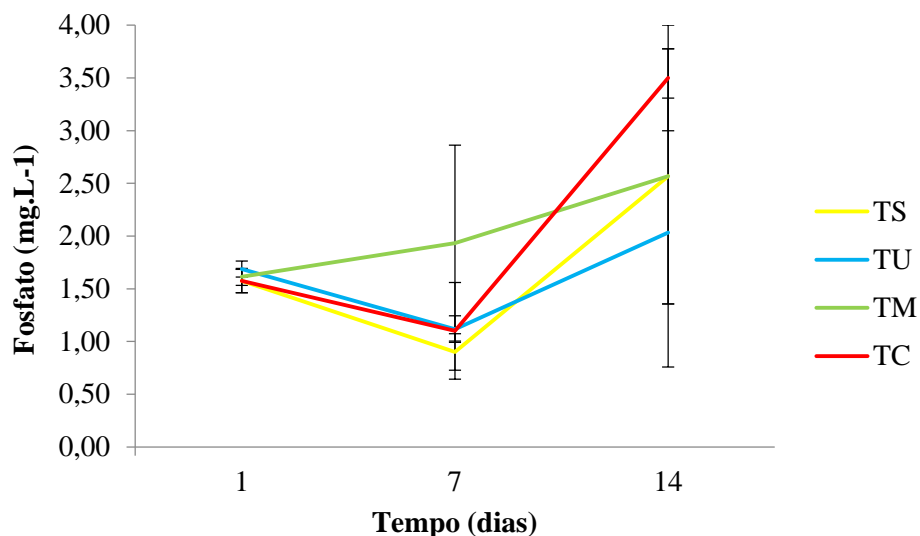


Figura 37 – Valores médios (\pm DP) de fosfato (mg.L^{-1}) nos tratamentos TS (microalga seca), TU (microalga úmida) TM (microalga meio de cultivo) e TC (Controle), durante 15 dias de experimento. Valores médios \pm desvio padrão para três repetições

Os valores de pH (Figura 38) não apresentaram diferenças significativas ($p>0,05$) entre os tratamentos. O valor médio em todos os tratamentos foi de $7,87 \pm 0,03$, o valor mínimo ocorreu no tratamento TS (7,40), enquanto que a máxima (8,18) foi medida no tratamento TU.

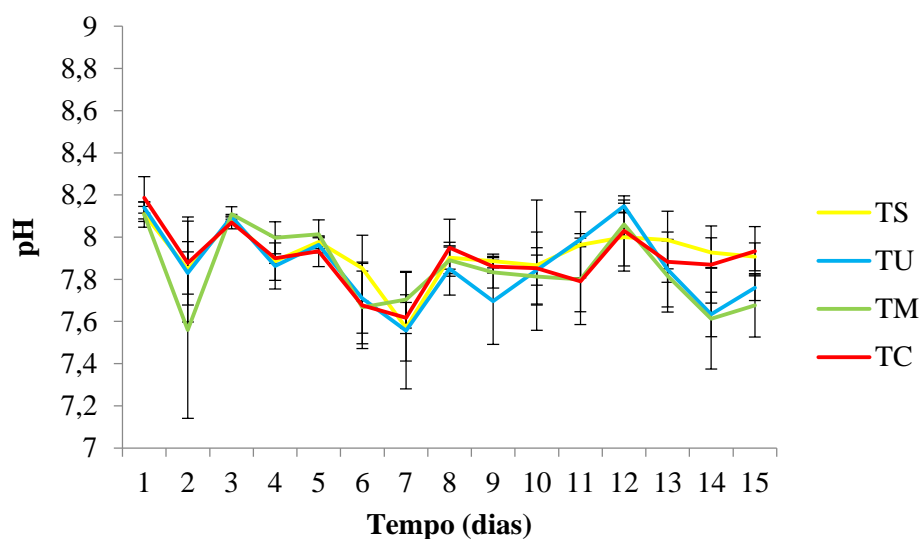


Figura 38 – Valores médios (\pm DP) de pH nos tratamentos TS (microalga seca), TU (microalga úmida) TM (microalga meio de cultivo) e TC (Controle), durante 15 dias de experimento. Valores médios \pm desvio padrão para três repetições.

Os valores médios de alcalinidade (Figura 39) foram de $122,34 \pm 4,71 \text{ mg.L}^{-1}$ apresentando valores menores nos tratamentos TS, TU e TM, com 75 mg.L^{-1} e maiores (175 mg.L^{-1}) no tratamento TS, TU e TM onde não apresentaram diferenças significativas ($p > 0,05$) entre os tratamentos.

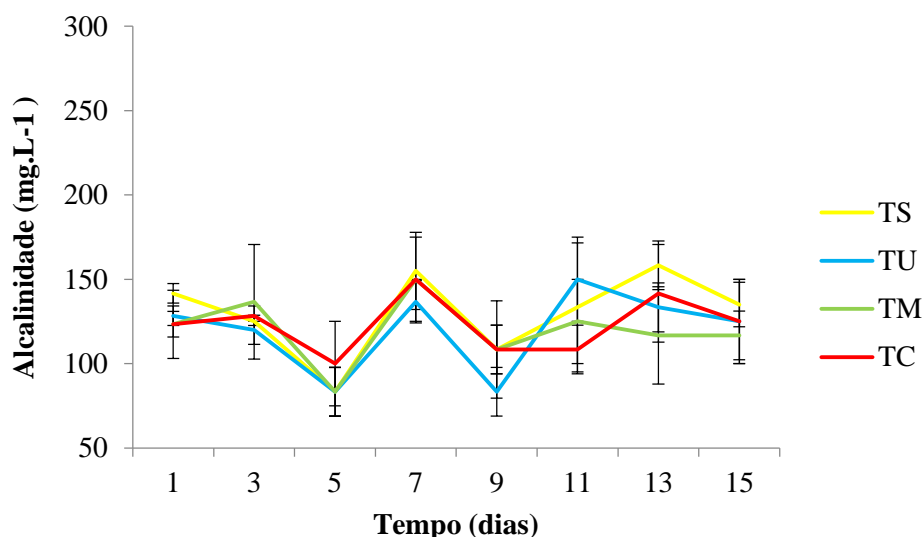


Figura 39 – Valores médios (\pm DP) de alcalinidade (mg.L^{-1}) nos tratamentos TS (microalga seca), TU (microalga úmida) TM (microalga meio de cultivo) e TC (Controle), durante 15 dias de experimento. Valores médios \pm desvio padrão para três repetições.

As concentrações de sólidos suspensos totais (Figura 40) foi menor no tratamento TS com 420 mg.L^{-1} e maiores no tratamento TU com valores de 845 mg.L^{-1} .

Entretanto, os valores de médios não apresentaram diferenças significativas ($p>0,05$) entre os tratamentos.

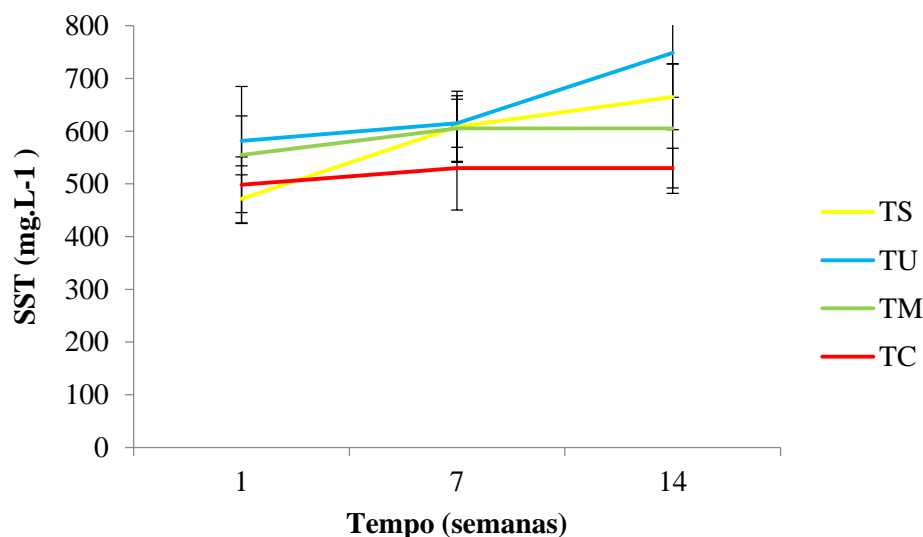


Figura 40 – Valores médios (\pm DP) de SST (mg.L^{-1}) nos tratamentos TS (microalga seca), TU (microalga úmida) TM (microalga meio de cultivo) e TC (Controle), durante 15 dias de experimento. Valores médios \pm desvio padrão para três repetições.

Os resultados de desempenho zootécnico dos camarões da espécie *L. vannamei* no decorrer dos 15 dias de experimento estão apresentados na (Tabela 5). Os valores de peso final foram maiores tratamento TS e TC, porém não diferindo estatisticamente ($p>0,05$) dos demais tratamentos. A biomassa final apresentou os maiores valores nos tratamentos TC e TU, porém não diferindo estatisticamente ($p>0,05$) dos demais. A sobrevivência foi superior a 70% em todos os tratamentos não diferindo estatisticamente ($p>0,05$).

Tabela 5: Parâmetros de desempenho zootécnico dos camarões *L. vannamei* durante o experimento com a microalga *Nannochloropsis oceanica* nos tratamentos TS (microalga seca), TU (microalga úmida), TM (microalga meio de cultivo), TC (controle). Os dados são correspondentes a média de 3 repetições \pm desvio padrão. Letras diferentes na mesma linha indicam que as médias diferem estatisticamente Teste t ($p>0,05$).

	TS	TU	TM	TC
Peso inicial (g)	0,70 \pm 0,30	0,70 \pm 0,30	0,70 \pm 0,30	0,70 \pm 0,30
Peso final (g)	0,74 \pm 0,25	0,72 \pm 0,31	0,72 \pm 0,37	0,92 \pm 0,22

Biomassa final (g)	6,22 ± 2,00	6,60 ± 3,62	6,22 ± 4,84	7,91 ± 1,80
Sobrevivência (%)	83 ± 5,77	90 ± 17,32	76 ± 32,14	86 ± 5,77

4.2.2.1 Teores de lipídeo e ácidos graxos

Os teores de lipídeos (Tabela 6) não apresentaram diferenças estatísticas ($p > 0,05$), entre os tratamentos com menor valor no tratamento TM (9,25 %) e maior no tratamento TS (12,73 %).

O ácido graxo C 16:0 (Tabela 6) apresentou diferenças significativas ($p > 0,05$), com maiores valores no tratamento TM ($18,46 \pm 0,74\%$) e menores valores no tratamento TS ($15,27 \pm 0,27\%$). O ácido graxo C 18:0 também apresentou diferença estatística com maiores valores no tratamento TM ($12,66 \pm 0,09\%$) e menores no tratamento TS ($10,93 \pm 0,20\%$). Nos demais valores de carbonos não apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$).

Tabela 6. Valores médios (\pm DP) do percentual de lipídeos da biomassa seca e perfil de ácidos graxos no músculo dos camarões suplementada com a microalga *Nannochloropsis oceanica* nos tratamentos TC (controle), TS (microalga seca), TU (microalga úmida), TM (microalga meio de cultivo). Diferentes letras na mesma linha indicam diferença significativa Teste t ($p < 0,05$).

	Tratamentos			
	TS	TU	TM	TC
LIPÍDEOS (%)	12,73±3,25	12,17±3,59	9,25±0,49	11,30±0,72
PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS (%)				
C 16:0	15,27±0,27 ^b	17,76±1,57 ^{ab}	18,46±0,74 ^a	15,73±0,21 ^b
C 18:0	10,93±0,20 ^b	12,23±0,60 ^{ab}	12,66±0,09 ^a	11,21±0,38 ^b
C 18:1	15,04±0,17	18,22±1,45	18,60±0,83	15,31±0,33
C 18:2	10,83±0,36	10,92±0,24	11,06±0,17	10,40±0,44
C 20:4	5,29±0,08	4,29±0,67	4,18±0,44	5,07±0,13
C 20:5	9,08±0,37	9,34±0,54	9,36±0,52	9,24±0,48

4.3 EXPERIMENTO 3

A temperatura média (Figura 41) em todos os tratamentos foi de $27,40 \pm 0,34$ °C, com menor valor no tratamento TBFT (23 °C) e maior no tratamento TBM (31 °C), não havendo diferenças significativas ($p>0,05$).

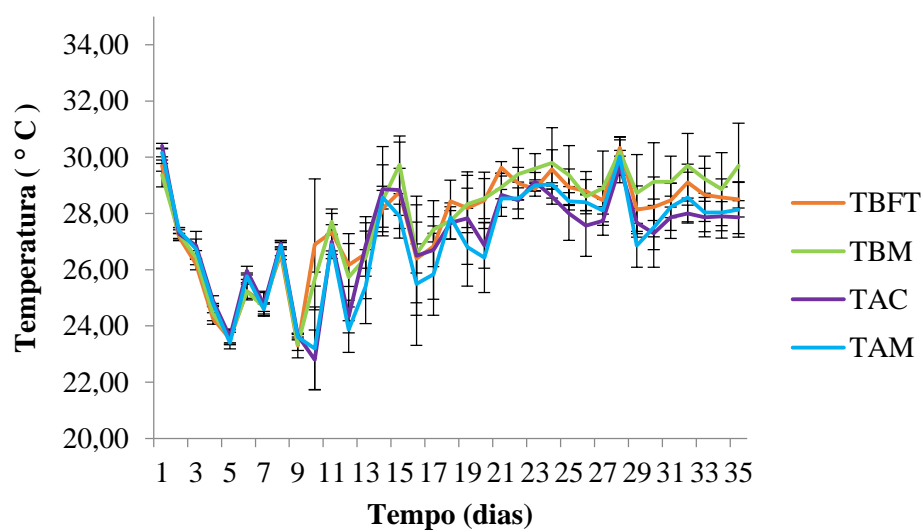


Figura 41 – Valores médios (\pm DP) diários de temperatura (°C) nos tratamentos TBFT (bioflocos) TBM, (bioflocos com microalga úmida), TAC (água clara), TAM (água clara com microalga úmida), durante 35 dias de experimento. Valores médios \pm desvio padrão para três repetições.

A salinidade (Figura 42) iniciou com valores médios de 30 e terminou com 35 em todos os tratamentos. Ocorreram pequenas oscilações no decorrer do estudo, entretanto não houve diferenças significativas ($p>0,05$) entre os tratamentos.

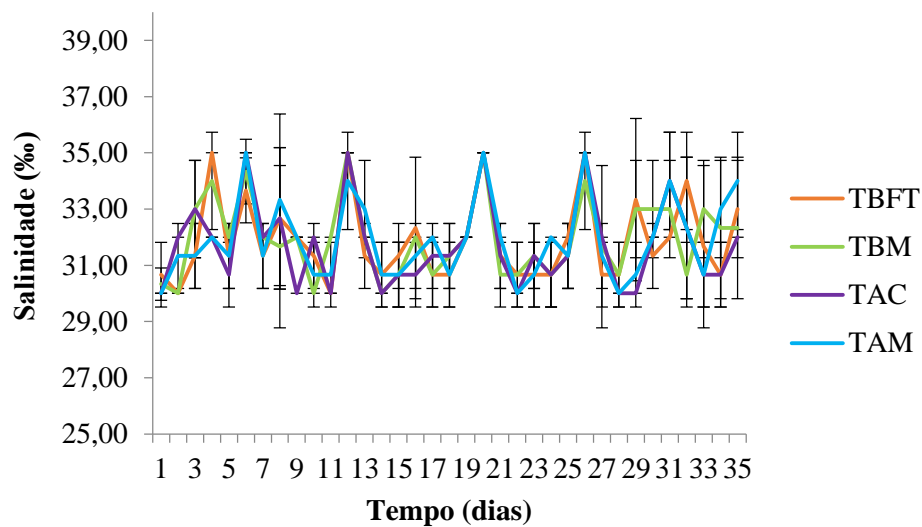


Figura 42– Valores médios (\pm DP) de salinidade ($\%$) nos tratamentos TBFT (bioflocos) TBM, (bioflocos com microalga úmida), TAC (água clara), TAM (água clara com microalga úmida), durante 35 dias de experimento. Valores médios \pm desvio padrão para três repetições

As médias de oxigênio dissolvido (Figura 43) se mantiveram na faixa de $5,58 \pm 0,06 \text{ mg.L}^{-1}$, para todos os tratamentos e não diferiram estatisticamente ($p > 0,05$) entre si. O valor mínimo encontrado foi no tratamento TBM com concentração de $4,20 \text{ mg.L}^{-1}$ e máximo no tratamento TAM com $6,98 \text{ mg.L}^{-1}$.

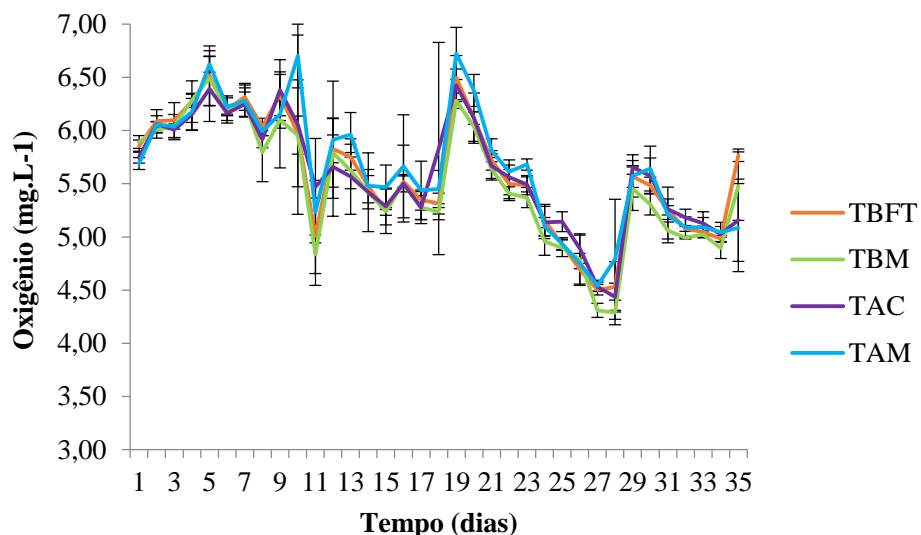


Figura 43 – Valores médios (\pm DP) diários de oxigênio (mg L^{-1}) nos tratamentos TBFT (bioflocos) TBM, (bioflocos com microalga úmida), TAC (água clara), TAM (água clara com microalga úmida), durante 35 dias de experimento. Valores médios \pm desvio padrão para três repetições.

As concentrações de amônia (Figura 44) apresentaram médias de $0,61 \pm 1,09 \text{ mg.L}^{-1}$ (TBFT) e $0,66 \pm 1,66 \text{ mg.L}^{-1}$ (TBM) para os tratamentos com bioflocos e $0,78 \pm 1,16 \text{ mg.L}^{-1}$ (TAC) e $0,91 \pm 1,58 \text{ mg.L}^{-1}$ (TAM) para aos tratamentos com água clara. Para manter concentrações de amônia nos tratamentos com bioflocos abaixo de 1 mg.L^{-1} , foram realizadas fertilizações com melação a partir do primeiro dia. A aplicação de melação foi realizada com mais frequência no tratamento TBFT até o 9º dia, sendo que a partir do 10º dia os valores de amônia decresceram em todos os tratamentos. O maior valor foi medido no tratamento TBM ($8,47 \text{ mg.L}^{-1}$) e menor no TBFT ($0,05 \text{ mg.L}^{-1}$). Houve diferenças estatísticas ($p < 0,05$) até o 10º dia de cultivo, onde TBM e TBFT apresentaram médias similares, porém diferentes dos demais tratamentos com água clara TAC e TAM.

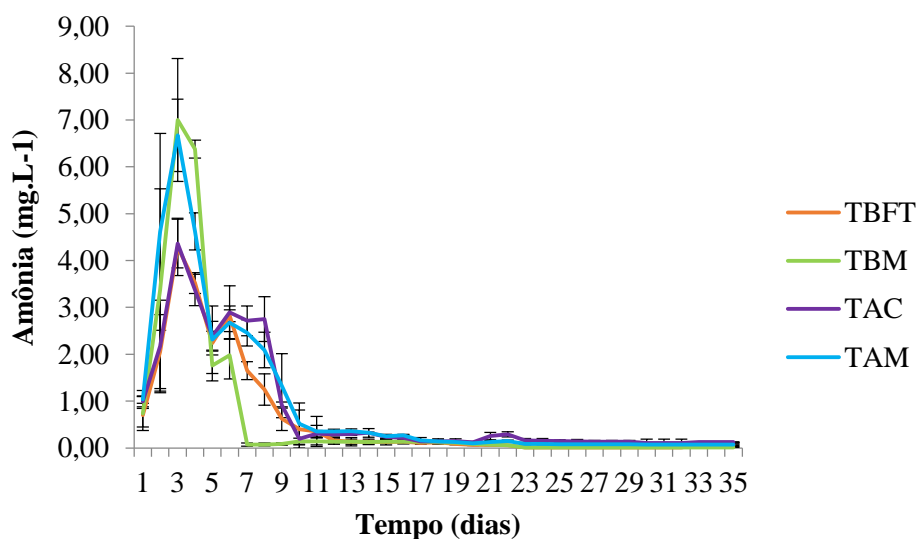


Figura 44 – Valores médios (\pm DP) diários de amônia (mg.L^{-1}) nos tratamentos TBFT (bioflocos) TBM, (bioflocos com microalga úmida), TAC (água clara), TAM (água clara com microalga úmida), durante 35 dias de experimento. Valores médios \pm desvio padrão para três repetições.

Os valores de nitrito (Figura 45) não apresentaram diferenças significativas ($p > 0,05$), entre os tratamentos. Os maiores valores médios foram nos tratamentos com bioflocos TBFT e TBM (máx. $2,61 \pm 3,95$ e $3,20 \pm 5,03 \text{ mg.L}^{-1}$, respectivamente) e menores no tratamento com água clara TAC e TAM ($1,36 \pm 0,97$ e $3,12 \pm 2,84 \text{ mg.L}^{-1}$, respectivamente). Nos tratamentos com bioflocos (TBFT e TBM) houve renovação de 30% do volume de água entre o 7º ao 11º dia, pois os níveis de nitrito subiram mais que

15 mg.L⁻¹. Os maiores valores medidos foram verificados no tratamento TBFT (20 mg.L⁻¹).

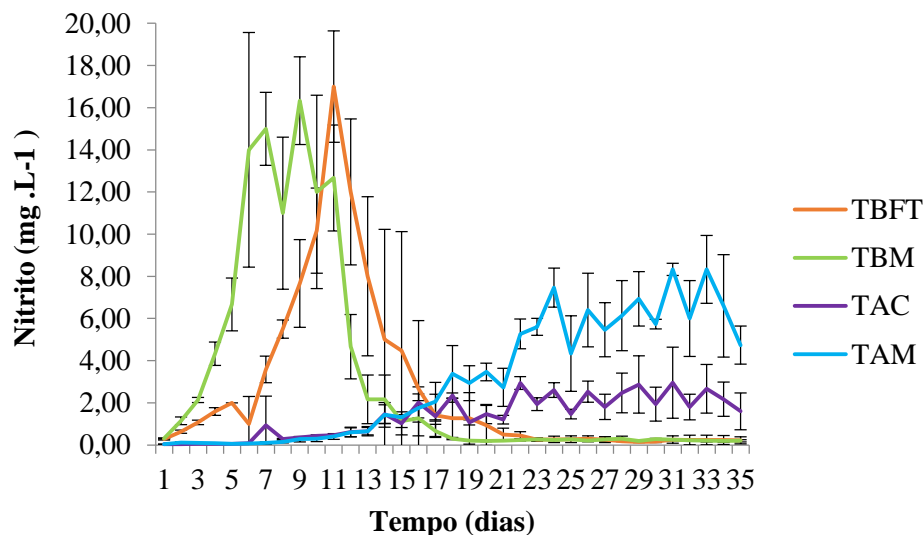


Figura 45 – Valores médios (\pm DP) diários de nitrito (mg.L⁻¹) nos tratamentos TBFT (bioflocos) TBM, (bioflocos com microalga úmida), TAC (água clara), TAM (água clara com microalga úmida), durante 35 dias de experimento. Valores médios \pm desvio padrão para três repetições.

Os valores médios de nitrato (Figura 46) apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$), entre os tratamentos. As médias dos tratamentos com bioflocos TBFT e TBM ($23,73 \pm 25,91$ e $33,76 \pm 38,67$ mg.L⁻¹) apresentaram valores maiores do que aqueles com água clara (TAC e TAM) ($4,56 \pm 3,77$ – $3,62 \pm 6,22$ mg.L⁻¹). O maior valor foi medido no tratamento TBM ($97,74$ mg.L⁻¹) e menores nos tratamentos TAC e TAM ($0,01$ mg.L⁻¹).

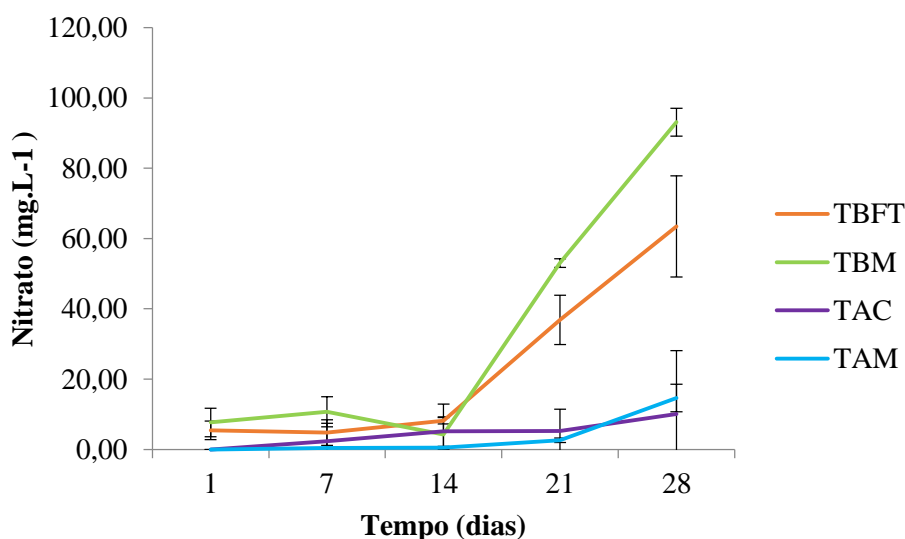


Figura 46 – Valores médios (\pm DP) de nitrato (mg.L^{-1}) nos tratamentos TBFT (bioflocos) TBM, (bioflocos com microalga úmida), TAC (água clara), TAM (água clara com microalga úmida), durante 35 dias de experimento. Valores médios \pm desvio padrão para três repetições.

Os valores de fosfato (Figura 47) não apresentaram diferenças significativas ($p>0,05$), entre os tratamentos. As médias dos tratamentos com bioflocos TBFT e TBM ($0,43 \pm 0,33 - 0,61 \pm 0,50 \text{ mg.L}^{-1}$) apresentaram valores maiores do que aqueles com água clara (TAC e TAM) ($0,20 \pm 0,10 - 0,41 \pm 0,46 \text{ mg.L}^{-1}$). O maior valor foi medido no tratamento TBM e TBFT ($1,25 \text{ mg L}^{-1}$) e menores nos tratamentos TBFT e TAM ($0,01 \text{ mg.L}^{-1}$).

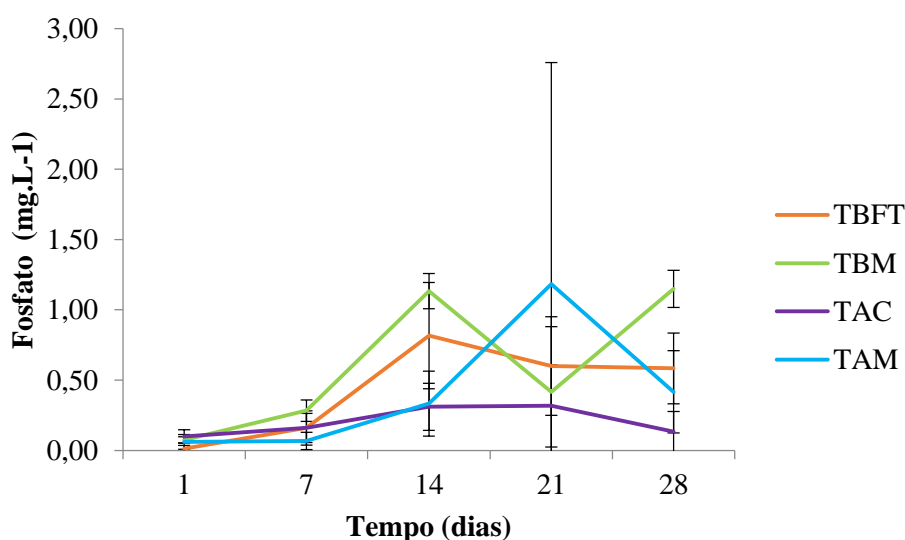


Figura 47 – Valores médios (\pm DP) de fosfato (mg.L^{-1}) nos tratamentos TBFT (bioflocos) TBM, (bioflocos com microalga úmida), TAC (água clara), TAM (água clara com microalga úmida), durante 35 dias de experimento. Valores médios \pm desvio padrão para três repetições.

Os valores de pH (Figura 48) não apresentaram diferenças significativas ($p>0,05$) entre os tratamentos. Os valores médios dos tratamentos com água clara foram de ($8,07 \pm 0,24 - 8,05 \pm 0,25$), e os tratamento com bioflocos ($8,06 \pm 0,25 - 7,97 \pm 0,24$). O valor mínimo encontrado foi 7,69 no tratamento TBM, enquanto que a concentração máxima foi de 8,30 no tratamento TAC.

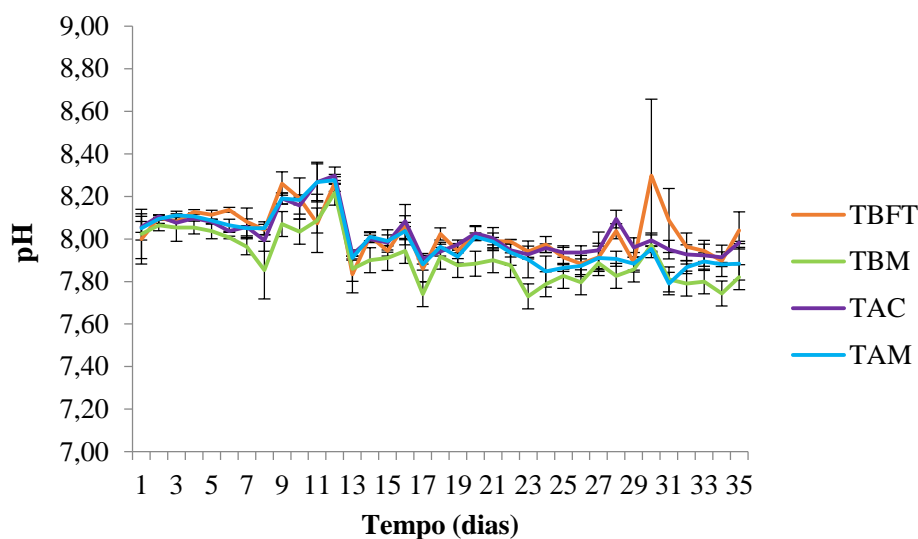


Figura 48 – Valores médios (\pm DP) diários de pH nos tratamentos TBFT (bioflocos) TBM, (bioflocos com microalga úmida), TAC (água clara), TAM (água clara com microalga úmida), durante 35 dias de experimento. Valores médios \pm desvio padrão para três repetições.

Para os valores de alcalinidade (Figura 49) o tratamento TBFT apresentou concentração média de $149,29 \pm 15,45 \text{ mg.L}^{-1}$. Os tratamentos TAC E TAM apresentaram concentrações médias de $134,64 \pm 17,15$ e $138,93 \pm 8,82 \text{ mg.L}^{-1}$, respectivamente, enquanto que no tratamento TBM a concentração média de alcalinidade foi de $132,86 \pm 20,80 \text{ mg.L}^{-1}$. Os valores mínimos foram registrados no tratamento TBM e TAM (100 mg.L^{-1} , e maior no tratamento TBM 190 mg.L^{-1}). Foram detectadas diferenças estatísticas ($p < 0,05$) o tratamento TBFT apresentou maiores valores em relação aos demais tratamentos TBM e TAC.

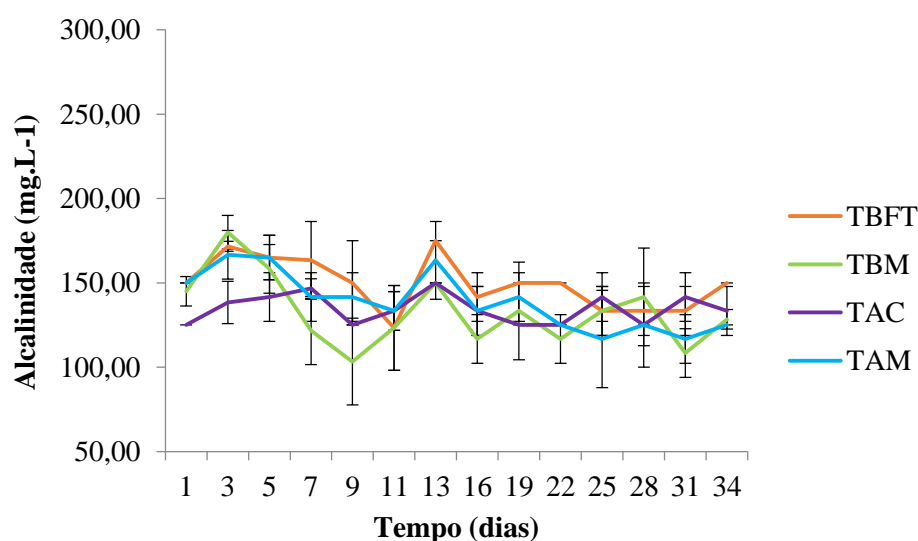


Figura 49 – Valores médios (\pm DP) de alcalinidade (mg.L^{-1}) nos tratamentos TBFT (bioflocos) TBM, (bioflocos com microalga úmida), TAC (água clara), TAM (água clara com microalga úmida), durante 35 dias de experimento. Valores médios \pm desvio padrão para três repetições.

As menores concentrações de sólidos suspensos totais (Figura 50) ocorreram nos tratamentos TBM e TBFT com 70 mg.L^{-1} e o maior valor ocorreu no tratamento TBM (985 mg.L^{-1}), onde houve diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os tratamentos.

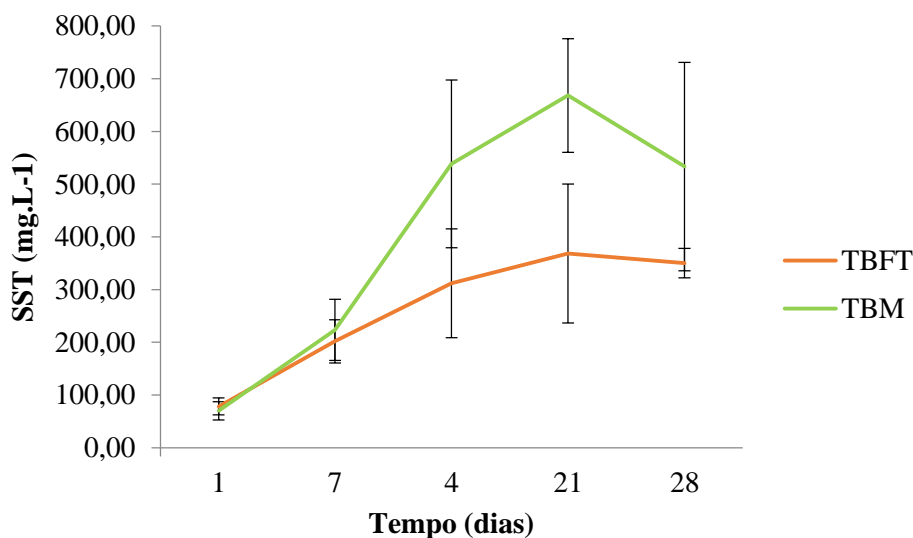


Figura 50– Valores médios (\pm DP) de SST (mg.L^{-1}) nos tratamentos TBFT (bioflocos) TBM, (bioflocos com microalga úmida), TAC (água clara), TAM (água clara com microalga úmida), durante 35 dias de experimento. Valores médios \pm desvio padrão para três repetições.

Os resultados de desempenho zootécnico dos camarões da espécie *L. vannamei* no decorrer dos 35 dias de experimento estão apresentados na (Tabela 7). Os valores de peso final, no tratamento TBM e TAM foram significativamente maiores ($p < 0,05$) do que os demais tratamentos. O ganho de peso, biomassa final e ganho de peso semanal foram maiores nos tratamentos TAM e TBM, porém não diferindo estatisticamente ($p > 0,05$) entre os tratamentos. A taxa de conversão alimentar foi mais baixa nos tratamentos TBM ($1,33 \pm 0,45$) e TAM ($1,10 \pm 0,26$), porém não apresentaram diferenças estatísticas entre os tratamentos ($p > 0,05$). A sobrevivência foi superior a 88% em todos os tratamentos não diferindo estatisticamente ($p > 0,05$).

Tabela 7: Parâmetros de desempenho zootécnico dos camarões *L. vannamei* durante o experimento com a microalga *Nannochloropsis oceanica* nos tratamentos TBFT (bioflocos), TBM (bioflocos com microalga

úmida), TAC (água clara), TAM (água clara com microalga úmida). Os dados são correspondentes a média de 3 repetições \pm desvio padrão. Letras diferentes na mesma linha indicam que as médias diferem estatisticamente ($p < 0,05$).

	TBFT	TBM	TAC	TAM
Peso inicial (g)	10 \pm 3,73	10 \pm 3,73	10 \pm 3,73	10 \pm 3,73
Peso final (g)	14,27 \pm 1,35 ^b	15,61 \pm 0,53 ^a	14,95 \pm 1,84 ^{ab}	15,44 \pm 1,03 ^a
Ganho de peso (g)	4,27 \pm 1,35	5,61 \pm 0,56	4,95 \pm 1,84	5,44 \pm 1,03
Biomassa final (g)	326,66 \pm 18,61	342,72 \pm 33,21	338,89 \pm 43,64	360,47 \pm 28,36
Ganho de peso semanal (g)	0,85 \pm 0,27	1,12 \pm 0,11	0,99 \pm 0,37	1,09 \pm 0,21
Sobrevivência (%)	92 \pm 8	88 \pm 10,58	91 \pm 2,31	93 \pm 2,31
CAA	1,61 \pm 0,35	1,33 \pm 0,45	1,52 \pm 0,67	1,10 \pm 0,26

4.3.1 Teores de lipídeo e ácidos graxos dos bioflocos e microalga

Os valores de lipídeos (Tabela 8) não apresentaram diferenças significativas ($p > 0,05$), entre os tratamentos, apresentando maiores valores no tratamento TBM (5,99 \pm 1,54%) e menor no tratamento TBFT (4,69 \pm 2,13%).

Os valores médios do ácido graxo C 18:2 apresentaram diferenças significativas ($p > 0,05$), com maiores valores no tratamento TBFT e menores no TBM (Tabela 8). Também houve diferenças significativas para o ácido graxo C 22:5, sendo os maiores valores ocorreram no tratamento TBM e menores valores no tratamento TBFT. Para os demais ácidos graxos não houve diferenças significativas ($p > 0,05$).

Tabela 8. Valores médios (\pm DP) do percentual de lipídeos por biomassa seca e perfil de ácidos graxos na biomassa seca dos bioflocos nos tratamentos Bioflocos (TBFT), Bioflocos com microalga (TBM) e da microalga utilizada no experimento. Diferentes letras na mesma linha indicam diferença significativa Teste t ($p < 0,05$).

	Tratamentos		
	TBFT	TBM	MICROALGA
LIPÍDEOS (%)	4,69 \pm 2,13	5,99 \pm 1,54	25,76 \pm 4,64

PERFIL DE ACIDOS GRAXOS (%)			
C14:0	3,32±0,48	3,90±0,63	3,29±0,13
C16:1	21,73±2,32	26,12±3,24	30,02±0,73
C16:0	39,21±3,78	39,36±4,57	26,24±1,00
C18:2	8,09±2,94 ^a	2,54±0,48 ^b	2,03±0,15
C18:1	10,45±2,39	7,02±1,01	6,67±0,53
C18:1	6,96±1,54	8,25±0,99	0,47±0,01
C18:0	5,15±0,65	4,11±0,55	0,36±0,01
C20:4	2,48±0,68	3,08±1,22	3,07±0,16
C20:5	2,61±0, ^{34b}	5,63±1,26 ^a	27,85±0,67

4.3.2 Teores de lipídeo e ácidos graxos dos camarões

Os valores de teor de lipídeos (Tabela 9) apresentaram diferenças estatísticas ($p < 0,05$), entre os tratamentos. Apresentando os maiores valores no tratamento TBM ($5,05 \pm 0,49$ %) diferindo do tratamento TAC com menor valor ($3,36 \pm 0,64$ %), não diferindo dos demais tratamentos.

O ácido graxo C 16:0 (Tabela 9) apresentou diferenças significativas ($p < 0,05$), com maiores valores no tratamento TAC $23,17 \pm 0,52$ % e menores valores no tratamento controle ($21,93 \pm 1,26$ %). O ácido Graxo C 18:0 também apresentou diferenças estatísticas, com maiores valores maiores no tratamento TAM ($17,67 \pm 1,03$ %) e menores valores no tratamento controle ($14,26 \pm 1,09$ %) (Tabela 9). O mesmo ocorreu para o ácido graxo C 20:2, que apresentou diferenças significativas, com maiores valores no tratamento controle ($1,37 \pm 0,12$ %) e menores no tratamento TAC ($0,86 \pm 0,07$ %). O ácido graxo C 22:5 apresentou diferenças significativas com os maiores resultados no tratamento controle ($0,84 \pm 0,20$ %) e menores no tratamento TBFT e TBM ($0,45 \pm 0,10$ %). Nos demais valores de carbonos ácidos graxos não apresentaram diferenças significativas ($p > 0,05$).

Tabela 9. Valores médios (\pm DP) do percentual de lipídeos da biomassa seca e perfil de Ácidos graxos no músculo dos camarões nos tratamentos Bioflocos (TBFT), Bioflocos com microalga (TBM), Água clara com microalga (TAM) e Água clara (TAC) e Controle, obtido dos camarões no início do experimento. Diferentes letras na mesma linha indicam diferença significativa ($p < 0,05$).

	Tratamentos				
	TBFT	TBM	TAC	TAM	CONTROLE
LIPÍDEOS (%)	4,04 \pm 1,54 ^{ab}	5,05 \pm 0,49 ^a	3,36 \pm 0,64 ^b	4,08 \pm 1,22 ^{ab}	4,26 \pm 0,92 ^{ab}
PERFIL DE ACÍDOS GRAXOS					
C16:1	0,52 \pm 0,12	0,61 \pm 0,15	0,55 \pm 0,15	0,53 \pm 0,05	0,43 \pm 0,03
C16:0	22,56 \pm 1,28 ^{ab}	22,58 \pm 0,30 ^{ab}	23,17 \pm 0,52 ^a	21,94 \pm 0,61 ^b	21,93 \pm 1,26 ^{ab}
C17:0	0,77 \pm 0,16	0,75 \pm 0,09	0,78 \pm 0,08	0,77 \pm 0,03	0,71 \pm 0,02
C18:2	9,87 \pm 1,76	9,76 \pm 0,91	8,79 \pm 1,07	9,08 \pm 0,60	10,90 \pm 1,24
C18:1	21,59 \pm 2,13	21,77 \pm 0,99	22,25 \pm 2,66	23,10 \pm 1,20	21,85 \pm 1,47
C18:1	3,56 \pm 0,74	3,58 \pm 0,20	3,76 \pm 0,45	3,91 \pm 0,23	3,80 \pm 0,12
C18: 0	17,03 \pm 1,94 ^{ab}	16,61 \pm 1,54 ^{ab}	17,10 \pm 1,75 ^{ab}	17,67 \pm 1,03 ^a	14,26 \pm 1,09 ^b
C20:4	3,60 \pm 1,18	3,48 \pm 0,47	3,15 \pm 0,47	3,13 \pm 0,17	2,94 \pm 0,28
C20:5	11,34 \pm 1,67	11,93 \pm 0,80	11,99 \pm 0,53	11,44 \pm 0,75	11,04 \pm 0,66
C20:2	1,08 \pm 0,37 ^{ab}	0,95 \pm 0,05 ^b	0,86 \pm 0,07 ^b	0,88 \pm 0,10 ^b	1,37 \pm 0,12 ^a
C20:1	0,60 \pm 0,04	0,68 \pm 0,09	0,54 \pm 0,03	0,67 \pm 0,08	0,90 \pm 0,11
C22:6	7,05 \pm 1,41	6,85 \pm 0,50	6,58 \pm 1,91	6,42 \pm 0,54	9,03 \pm 2,05
C22:5	0,45 \pm 0,10 ^b	0,45 \pm 0,05 ^b	0,49 \pm 0,06 ^b	0,46 \pm 0,02 ^b	0,84 \pm 0,20 ^a

5. DISCUSSÃO

As microalgas têm uma grande importância na aquicultura, pois representam uma boa fonte de nutrientes e melhoram a qualidade da água com produção de oxigênio e consumo de compostos nitrogenados, tais como amônia e nitrito, que são prejudiciais aos organismos produzidos (Lourenço, 2006; Perez-Garcia et al. 2011). Além disto,

estes microrganismos são utilizados como alimento vivo, para larvas de peixes, camarão, entre outros, seja através do consumo indireto, através da alimentação de rotíferos e artêmia, ou pelo consumo direto de microalgas após a adubação de viveiros, na chamada “técnica de água verde” (Lavens & Sorgeloos, 1996). Devido à sua capacidade de sintetizar e acumular grandes quantidades de ácidos graxos poli-insaturados e outros elementos nutritivos como pigmentos, vitaminas e substâncias antioxidantes, as microalgas melhoram a qualidade nutricional de peixes, crustáceos e moluscos que as consomem (Patil et al. 2007).

Como observado por Godoy et al. (2012), para se utilizar microalgas na suplementação alimentar de camarões produzidos em sistema BFT, é preciso mantê-la constantemente no sistema. Entretanto, são necessários muitos recursos humanos e financeiros para se ter os cultivos de microalgas preparados durante a produção do camarão. Neste estudo procurou-se dar uma outra abordagem ao oferecimento das microalgas em sistemas BFT, especialmente comparando-se o fornecimento das microalgas *Nannochloropsis oceanica* e *Conticribra weissflogii* diretamente no meio de cultivo e também concentradas, como biomassa úmida e seca. Procurou se verificar o efeito do fornecimento destas microalgas na qualidade da água, no desempenho zootécnico de *L. vannamei* de diferentes tamanhos produzido em sistema de bioflocos (BFT) e também, avaliar o efeito da suplementação destas microalgas no teor lipídico e composição de ácidos graxos no bioflocos e no músculo do camarão.

A ideia inicial de se fornecer as microalgas nas formas de pasta (úmida), ou pó (seca) é que estas poderiam ser produzidas em épocas de entressafra dos camarões e armazenadas sob refrigeração por períodos que antecedem a produção de camarão. Este procedimento diminuiria o esforço para a produção de microalgas durante a fase de produção dos camarões. A seguir passaremos a discutir os efeitos específicos da adição de microalgas na qualidade da água do sistema BFT, no desempenho zootécnico dos camarões e no teor de lipídeo e ácidos graxos no bioflocos e músculo dos camarões.

5.1 Qualidade da Água

No sistema de bioflocos, o consumo de oxigênio é bem elevado devido à respiração de toda a comunidade microbiana e dos organismos produzidos. Por isso deve-se ter um sistema de aeração constante e eficiente. Com a presença de microalgas, a produção de oxigênio durante o dia tende a ser mais elevada, enquanto que à noite há um consumo deste gás. Sendo assim, as microalgas vivas poderiam auxiliar na oxigenação do sistema. Por outro lado, a microalga seca e úmida muitas vezes tem células rompidas durante o processo de secagem, podendo levar à uma maior decomposição e consumo de oxigênio, com produção de nutrientes nitrogenados.

Os resultados deste estudo mostram que a adição de microalgas, tanto como cultivo quanto nas formas seca e úmida, não afetou de forma positiva, ou negativa os valores de oxigênio dissolvido medidos. Isto indica que o sistema de aeração utilizado foi eficiente, fazendo com que os níveis de oxigênio se mantivessem sempre elevados durante os experimentos. Os níveis de oxigênio medido ficaram em valores indicado para o crescimento de *L. vannamei*, isto é, 5 mg.L⁻¹, (Van Wyk & Scarpa 1999).

No que se refere aos elementos nitrogenados, que podem afetar negativamente o crescimento dos camarões, verificou-se no experimento 1 que o tratamento com a microalga *Nannochloropsis oceanica* ofertada como meio de cultivo apresentou valores de amônia acima do nível de segurança para espécie, provavelmente porque o meio de cultivo utilizado na produção da microalga contem sulfato de amônio e aportou uma quantidade extra de amônia para o sistema BFT. Nos demais tratamentos, os valores de amônia ficaram abaixo do nível de segurança para o camarão (Van Wyk & Scarpa 1999). Observe-se que foi utilizado o mesmo meio fertilizante para a microalga úmida e seca, porém o aporte de nutrientes com nitrogênio foi menor nesses tratamentos devido à retirada da água nestes dois processos de concentração da biomassa produzida.

Para *Conticribra weissflogii* não foi detectado um efeito diferencial da adição da microalga sobre os níveis de amônia, uma vez que todos os tratamentos apresentaram valores bastante elevados, sendo necessária a adição de melaço para evitar que os valores superassem a concentração de (1 mg L⁻¹) e atingissem o nível de segurança para a espécie (Lin & Chen 2001). A alteração na relação C:N utilizando ricas fontes em carbono orgânico (melaço, dextrose etc.) levou um rápido controle de altas concentrações de amônia, pelo estímulo ao crescimento de bactérias heterotróficas, que

são capazes de incorporar os compostos nitrogenados através da síntese proteica, com a adição do carbono orgânico (Avnimelech, 1999; Rios et al. 2013).

No experimento 1, os valores de nitrito na microalga *N. oceanica* apresentados na forma úmida e meio de cultivo foram superiores a 15 mg/L, sendo necessário fazer a renovação da água (40 % do volume total). Após esta ação os valores começaram a decrescer nesses tratamentos. Tal fato indica que a adição de microalgas pode ter afetado negativamente as bactérias nitrificantes e estas levaram um tempo maior para atuarem no sistema. Já para a microalga *C. weissflogii* somente no tratamento com a microalga seca os níveis de nitrito aumentaram, porém não foi preciso fazer renovação de água. Nos demais meios, os níveis de nitrito ficaram abaixo do limite recomendado para *L. vannamei* (Lin & Chen 2003). Os níveis de nitrato não foram afetados pela adição das duas espécies de microalgas. Já os valores de fosfato apresentaram maiores concentrações ao final do experimento, provavelmente devido à decomposição das microalgas adicionadas.

Para o experimento 2 os níveis de amônia e nitrito ficaram na faixa aceitável para o camarão em todos os tratamentos para as duas espécies de microalgas utilizadas (Van Wyk & Scarpa 1999). Para o nitrato na microalga *N. oceânica*, os valores se mantiveram em níveis aceitáveis para todos os meios. Já na microalga *C. weissflogii*, observa-se que ao final dos 15 dias não houve produção de nitrato em todos os meios adicionados em relação ao tratamento controle. Entretanto, por conta do pouco tempo de experimento, apenas 15 dias, não se pode confirmar se realmente a microalga foi capaz de absorver o nitrato do meio. Os valores de fosfatos para as duas espécies de microalgas não apresentaram diferenças.

No experimento 3, os níveis de amônia foram significativamente maiores nos tratamentos de água clara do que nos tratamentos com bioflocos. No tratamento com bioflocos e microalga (TBM) os valores de amônia foram influenciados pela presença das microalgas apresentando pico mais elevado do que o tratamento somente com bioflocos (TBFT). Estes fatos indicam que a presença de bactérias nitrificantes nos bioflocos contribuiu significativamente para a diminuição da amônia em comparação com o sistema de água clara (Avnimelech, 2009).

Nos tratamentos com bioflocos também se observa uma diminuição significativa do nitrito também devido às bactérias nitrificantes presentes nos bioflocos. Já no tratamento de água clara o valor de nitrito se manteve baixo, devidos às renovações diárias de água. Entretanto, no tratamento de água clara com microalga os valores de nitrito se elevaram mesmo após as renovações. O acúmulo de microalgas observadas nas bordas dos tanques pode ter acarretado no desenvolvimento de biofilme que serve de substrato para a fixação de bactérias nitrificantes amônio-oxidantes, podendo essas serem responsáveis pela elevação dos níveis de nitrito. Lara (2012) em estudos de técnicas de manejo aplicados a redução de nitrito na água, observou que provavelmente as taxas de nitrificação são afetadas pela presença de biofilme, com um espaçamento temporal maior entre a oxidação da amônia até nitrato com a presença de biofilme, que proporciona um crescimento mais lento das bactérias nitrificantes.

Os níveis de nitrato foram significativamente maiores nos tratamentos com bioflocos do que nos tratamentos com água clara, o que também indica uma ação das bactérias nitrificantes (nitrito-oxidantes) no bioflocos. No sistema BFT a nitrificação pode causar um amplo acúmulo de nitrato, principalmente se a água for reutilizada por vários ciclos e dependendo da comunidade microbiana que é formada (Kuhn et al. 2010). Os níveis de nitrato foram baixos nos tratamentos com água clara, mesmo com adição de microalga e não houve diferença significativa entre os tratamentos.

As concentrações de fosfato mantiveram-se baixa em todos os tratamentos, comparada a outros trabalhos realizados em meio heterotrófico (McIntoshi et al. 2000, Burford et al. 20). Sabe-se que a constante entrada de nutrientes que ocorre normalmente nos sistemas de cultivo devido a decomposição da ração não consumida e a excreção dos animais nos tanques leva ao aumento das concentrações de fosfato (Barak et al. 2003). Entretanto, parece que este elemento estava sendo reciclado, ou não houve tempo para seu acúmulo.

De maneira geral, os resultados deste estudo mostram que a forma como as microalgas foram fornecidas aos camarões pode afetar a qualidade da água, mas somente quando estas são fornecidas em meio de cultivo, que pode ter acarretado um aumento de nutrientes nitrogenados e fosfato no sistema, devido a presença de fertilizantes como sulfato de amônio, ureia e superfosfato que são adicionados ao meio

de cultivo das microalgas. Isto já não acontece no fornecimento das microalgas como pasta (úmida), ou pó (seca), já que o meio de cultivo é totalmente, ou parcialmente removido, minimizando este problema.

5.2 Índices Zootécnicos

Para o experimento 1 com a microalga *N. oceanica* houve melhores resultados para o peso final com a microalga fornecida como meio de cultivo, em relação aos demais tratamentos, mas não refletindo em um maior peso em relação ao controle. Já a sobrevivência foi superior a 90 % na maioria dos tratamentos. Já para a microalga *C. weissflogii*, o valor de peso final foi maior para a microalga úmida, sendo estes valores iguais ao controle. Os tratamentos com biomassa seca e meio de cultivo apresentaram baixa sobrevivência e pequeno ganho de peso, o que indica que outros fatores podem ter influenciado. Por coincidência estes tratamentos utilizaram baldes menores. É possível, entretanto, que os camarões tenham sofrido algum tipo de estresse pelo menor espaço disponível

No experimento 2 os valores de peso final para a espécie *C. weissflogii* foram maiores para microalga seca, mas não apresentando diferenças entre os tratamentos. É provável que a menor sobrevivência tenha afetado os resultados de peso final para microalga úmida e meio e cultivo, onde a sobrevivência nesses tratamentos ficaram abaixo de 85 %. A microalga *N. oceânica* apresentou maior valor de peso final para o tratamento controle, porém não foram diferentes dos demais tratamentos. É possível também que estes resultados tenham sido influenciados pelo curto período experimental, já que este experimento durou apenas 15 dias.

No experimento 3, os valores de peso final, biomassa e conversão alimentar foram maiores nos tratamentos onde foram adicionadas as microalgas, tanto nos tratamentos com bioflocos quanto nos de água clara. É possível que tenha ocorrido um maior consumo da microalga úmida que ficavam dentro da bandeja de alimentação, diferente dos dois experimentos anteriores onde as microalgas eram misturadas diretamente na água de produção dos camarões.

Em alguns estudos foram observados a importância das microalgas como fonte de alimento suplementar para camarões. Godoy et al. (2012) observaram que camarões suplementados com diatomáceas apresentaram maior ganho de peso, e menor conversão alimentar. Da mesma forma, Martins et al. (2016) também obtiveram resultados satisfatórios utilizando diatomáceas e verificaram que as mesmas melhoraram a qualidade da água e os parâmetros zootécnicos dos camarões.

Sales et al. (2016) testaram a substituição de microalgas naturais por uma pasta floculada de *Nannochloropsis oculata* adicionadas na produção de juvenis de cavalo marinhos *Hippocampus reidi*. Os resultados obtidos foram bastante promissores representando um avanço na produção deste peixe em sistemas de aquicultura. Além disso, verificou-se que uso da pasta diminui a carga de trabalho para a produção de microalgas, reduzindo os custos de produção. Belettini et al. (2011), utilizaram as microalgas *Nannochloropsis oculata* e *Conticribra weissflogii* na alimentação do camarão *Litopenaeus vannamei*, e observaram que as microalgas permitem a manutenção dos níveis de qualidade de água em condições aceitáveis, e que a microalga *Conticribra weissflogii* apresentou melhores resultados de desempenho dos camarões, enquanto que a microalga *Nannochloropsis oculata* pode ser utilizada durante o cultivo em berçários, sem prejudicar o desempenho dos animais

Em resumo, verifica-se que nos experimentos 1 e 2, com camarões menores, a adição de microalga não melhorou o desempenho zootécnico dos camarões. Já no experimento 3, a adição de microalga úmida levou à melhores resultados no desempenho zootécnico tanto dos camarões em sistema com bioflocos, quanto com água clara. Isto indica que o consumo das microalgas e seus efeitos benéficos deve acontecer mais ativamente na fase adulta de *L. vannamei*, porém não foram encontrados trabalhos que confirmem tal resultado.

5.3 Lipídeos e Ácidos Graxos

Os lipídeos cumprem várias funções importantes para o organismo, funcionando como substâncias de reserva, ou estruturais fazendo parte, por exemplo, da composição

das membranas celulares (Gushina e Harwood 2009). Outros lipídios possuem papel ativo no metabolismo e tem funções como cofatores enzimáticos, pigmentos, hormônios e mensageiros intracelulares (Lehninger et al. 2005).

Os ácidos graxos de cadeia longa e com muitas insaturações (Poly Unsaturated Fatty Acids - PUFAS), são vitais para o desenvolvimento cerebral e benéficos para a redução do risco de doenças cardiovasculares. Esses ácidos graxos são utilizados nas indústrias farmacêuticas e alimentar, para a produção de suplementos alimentares, alimentos para animais, e fármacos (Dyer et al. 2008). Os ácidos graxos eicosapentaenóico (EPA – C 20:5) e docosaexaenoico (DHA – C 22:6), são conhecidos por apresentar benefícios para a saúde dos seres humanos, pois reduzem os fatores relacionados a doenças cardiovasculares, hipertensão, inflamação, dentre outros. Os ácidos graxos ômega 6 e 3 são obtidos principalmente através da dieta, pois não podem ser sintetizados pelo corpo humano (Calder e Yagoob, 2009). Por outro lado, os ácidos graxos saturados têm sido associados com aumento risco de desenvolvimento de doença cardiovascular em humanos em relação a suas propriedades de colesterol de lipoproteínas de baixa densidade , (Kris-Etherton et al. 2010).

Os lipídios nas microalgas, além de serem componentes estruturais, exercem funções como produtos de reserva (Lourenço, 2006). O conteúdo dos ácidos graxos das microalgas depende das espécies cultivadas, das condições do meio, incluindo a sua composição, intensidade luminosa, aeração, idade da cultura e temperatura. Os lipídios de microalgas são ricos em lipídeos polares durante a fase logarítmica, e durante a fase estacionária acumulam mais triglicerídeos (Dunstan et al.1993).

Os camarões também possuem grande quantidade de ácidos graxos polinsaturados (ômega 3 e ômega 6). Entretanto os níveis de lipídios e proteínas variam dependendo da idade, maturidade, sexo, temperatura da água, disponibilidade de alimentos, tipos de dieta e sistema de alimentação do organismo (Turan et al., 2011). Além disso, alguns estudos mostram que a presença de microalgas consumidas diretamente pelos camarões, ou incorporadas em suas rações pode modificar significativamente a quantidade de lipídeo e a composição dos ácidos graxos presentes no músculo dos camarões (Ju et al. 2009).

No segundo experimento os níveis de lipídeos no músculo do camarão utilizando a microalga *N. oceânica* foram maiores em dois tratamentos TS e TU, porém não apresentaram diferenças significativas em relação ao controle, e menores valores no tratamento meio de cultivo devido, provavelmente, à menor ingestão, pois provavelmente nesse meio as microalgas não se aderem tão facilmente aos flocos quanto nos outros. Para a microalga *C. weissflogii*, os níveis de lipídeos não apresentaram diferenças significativas ao tratamento sem microalga (controle).

Os ácidos graxos C 16:0 e C 18:0 no músculo do camarão alimentados com a microalga *N. oceanica*, apresentaram maiores valores nos tratamentos TU e TM. Para a microalga *C. weissflogii*, os maiores valores apresentados foram para os ácidos graxos polinsaturados C20:4 no tratamento TU e C22:6 no tratamento TM, indicando um importante enriquecimento do camarão com ácidos graxos ω -3 e ω -6.

Borges et al. (2011) observou maior proporção dos ácidos graxos C14:0, C16:0, C16:1, C18:1 e C20:5 para as espécies de microalgas a *N. oculata* e *C. weissflogii*. Os ácidos graxos saturados e monoinsaturados em tratamentos com maior temperatura (30° C), enquanto os que ácidos graxos poli-insaturados (PUFAS), principalmente o ácido eicosapentaenóico (C20:5), foi produzido em maior quantidade por *N. oculata* em tratamentos com baixa luminosidade e utilizando nitrato como principal nutriente nitrogenado.

No experimento 3 verificou-se que utilizando microalga úmida os níveis de lipídeos no bioflocos aumentaram, o que deveria beneficiar mais os camarões através da ingestão desse floco mais rico em lipídeo, porém não se obteve diferenças significativas no teor de lipídeo no músculo dos camarões para tratamentos com e sem microalga. Apesar de ter um floco mais rico para alimentação dos camarões, a adição de microalgas não resultou num processo mais eficiente de absorção de lipídeo pelo camarão. Entretanto, o peso final dos camarões foi significativamente maior onde houve a inclusão de microalga, o que indica que estas microalgas podem ter sido uma importante fonte de outro elemento como a proteína e não de lipídeo.

De maneira similar, D'souza e Loneragan (1999) mostraram que algumas microalgas apresentaram valores altos de lipídeos e ácidos graxos em suas composições,

porém estas tiveram pouca ou nenhuma influência na composição lipídica e de ácidos graxos do camarão. Por outro lado, em trabalho realizado por Ju et al. (2009), com suplementação de *Nannochloropsis* sp., *Thalassiosira weissflogii* (denominação atual *Conticribra weissflogii*) a uma dieta formulada para *Litopenaeus vannamei*, observou-se que a presença das microalgas na ração melhorou significativamente a sobrevivência e o crescimento do camarão, além de aumentar os teores de ácidos graxos e astaxantina dos músculos do camarão. Além disso, os autores sugerem que as microalgas também podem ser usadas em forma seca nas dietas como um aditivo alimentar de baixo custo para promover o crescimento e melhorar a pigmentação do camarão.

6. CONCLUSÃO

Os resultados deste estudo mostram que o efeito da adição das microalgas na forma de meio de cultivo e concentrada foi limitado, especialmente na presença de bioflocos, o que indica que a tecnologia BFT já fornece elementos nutritivos importantes para o crescimento de camarões.

Por outro lado, não está excluída a possibilidade de que o consumo de microalgas possa melhorar a saúde de camarões produzidos, especialmente pela melhoria das defesas destes organismos à possíveis doenças. Estes possíveis efeitos precisam ser investigados em estudos futuros.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APHA (American Public Health Association). 1998. Standard methods for the examination of water and wastewater. 20th edition. Washington, DC. 1193p.
- AVNIMELECH, Y. 1999. Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. *Aquaculture*, 176: 227-235.
- AVNIMELECH, Y. 2007. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bio-flocs technology ponds. *Aquaculture*, 264: 140-147.
- AVNIMELECH, Y. 2009. *Biofloc technology: a practical guide book*. Baton Rouge, LA: The World Aquaculture Society. 182p.
- BARAK, Y., CYTRYN, E., GELFAND, I., KROM, M., & VAN RIJN, J. 2003. Phosphorus removal in a marine prototype, recirculating aquaculture system. *Aquaculture*, 220(1): 313-326.
- BARBIERI, C. JR., OSTRESNKY, A. 2001. *Camarões Marinhos, reprodução, maturação e larvicultura*. Vol. 1. Aprenda Fácil Editora. Viçosa, MG. 243p.
- BELETTINI, F., DERNER, R. B., & ARANA, L. A. V. 2011. Utilização das microalgas *Thalassiosira weissflogii* e *Nannochloropsis oculata* no cultivo de *Litopenaeus vannamei* em sistemas de berçários, sem renovação de água. *Atlântica*, 33(2): 101-114.
- BLIGH, E.G., DYER, W.J. 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can J Biochem Physiol.*, 37: 911-917.
- BORGES L., FARIA, B.M., ODEBRECHT, C., ABREU, P.C. 2007. Potencial de absorção de carbono por espécies de microalgas usadas na aquicultura: primeiros passos para o desenvolvimento de um mecanismo de desenvolvimento limpo. *Atlântica*, 29: 35-46.
- BORGES, LV; JA MORÓN-VILLARREYES, MGM D'OCA; PC ABREU. 2011. Effects of flocculants on lipid extraction and fatty acid composition of the

- microalgae *Nannochloropsis oculata* and *Thalassiosira weissflogii*. *Biomass and Bioenergy*, 35: 4449-4454.
- BOROWITZKA, M.A. 2013. High-value products from microalgae—their development and commercialization. *J Appl Phycol.*, 25: 743–756.
- BURFORD M. A., THOMPSON P.J., MCINTOSH R.P., BAUMAN R.H., PEARSON D.C. 2003. Nutrient and microbial dynamics in high- intensity, zero-exchange shrimp ponds in Belize. *Aquaculture*, 219: 393-411.
- CALDER, P. C., E YAGOOB, P. 2009. Omega-3 polyunsaturated fatty acids and human health outcome. *BioFactors*, 35: 266–272.
- D'OCA, M.G.M., VIÊGAS, C.V., LEMÔES, J.S., MIYASAKI, E.K., MORÓN-VILLARREYES, J.A; PRIMEL, E.G.; ABREU, P.C. 2011. Production of FAMES from several microalgae lipidic extracts and direct transesterification of the *Chlorella pyrenoidosa*. *Biomass and Bioenergy*, 35: 1533-38.
- D'SOUZA, F. M. L., & LONERAGAN, N. R. 1999. Effects of monospecific and mixed-algae diets on survival, development and fatty acid composition of penaeid prawn (*Penaeus* spp.) larvae. *Marine Biology*, 133(4): 621-633.
- DUNSTAN G.A., VOLKMAN J.K., BARRTT S.M., LEROI J.M., JEFFREY S.V. 1993. Essential polyunsaturated fatty acids from 14 species of diatoms (Bacillariophyceae). *Phytochemistry*, 35(1): 155–61.
- DYER, J., STYMNE S., GREEN A.G., CARLSSON, A.S. 2008. High-value oils from plants. *The Plant journal: for cell and molecular biology*, 54(4): 640-55.
- EBELING, J.M., TIMMONS, M.B., BISOGNI, J.J. 2006. Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic control of ammonia-nitrogen in aquaculture production system. *Aquaculture*, 257: 346–358.
- FURTADO, P.S., L. H. POERSCH, W. WASIELESKY JR. 2011. Effect of calcium hydroxide, carbonate and sodium bicarbonate on water quality and zootechnical performance of shrimp *Litopenaeus vannamei* reared in bio-flocs technology (BFT) systems. *Aquaculture*, 321: 130-135.

- GAONA, C. A. P., L. H. POERSCH, D. KRUMMENAUER, G. K. FOES, W. WASIELESKY JR. 2011. The effect of solids removal on water quality, growth and survival of *Litopenaeus vannamei* in a Biofloc Technology Culture System. *International Journal of Recirculating Aquaculture*, 12: 54-73.
- GARZA DE YTA, A., ROUSE, D.B., DAVIS, D.A. 2004. Influence of nursery period on the growth and survival of *Litopenaeus vannamei* under pond production conditions. *J. World Aquac. Soc.*, 35: 357-365.
- GODOY, L. C., ODEBRECHT, C., BALLESTER, E., MARTINS, T. G., WASIELESKY, W. 2012. Effect of diatom supplementation during the nursery rearing of *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) in a heterotrophic culture system. *Aquaculture international*, 20(3): 559-569.
- GUSCHINA, I.A., HARWOOD, J.L. 2009. Algal lipids and effect of the environment on their biochemistry in: Arts, M.T., Brett, M.T. and Kainz, M.J. (eds) *Lipids in aquatic ecosystems*. Springer New York. p. 1-24. Dunstan G.A., Volkman J.K., Barrrt S.M., Leroi J.M., Jeffrey S.V. 1993.
- HARGREAVES J.A. 2006. Photosynthetic suspended- growth systems in aquaculture. *Aquaculture Engineering*, 34: 344-363.
- JU, Z. Y., FORSTER, I. P., DOMINY, W. G. 2009. Effects of supplementing two species of marine algae or their fractions to a formulated diet on growth, survival and composition of shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Aquaculture*, 292(3): 237-243.
- JU, Z.Y., DENG, D.F., DOMINY, W.G., 2012. A defatted microalgae (*Haematococcus pluvialis*) meal as a protein ingredient to partially replace fishmeal in diets of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*), Boone, 1931. *Aquaculture*, 354–355: 50–55.
- KOVEN, W. M., KISSIL, G. W., TANDLER, A. 1989. Lipid and n-3 requeriment of *Sparus aurata* larvae during starvation and feeding. *Aquaculture*, 79: 185-191.

- KRIS-ETHERTON, P. M. 2010. Trans-fats and coronary heart disease. Critical reviews in food science and nutrition, 50(S1): 29-30.
- KUHN, D.D., LAWRENCE, A.L., BOARDMAN, G.D., PATNAIK, S., MARSH, L., FLICK, G.J. 2010. Evaluation of two types of biofloc derived from biological treatment of fish effluent as feed ingredients for Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. Aquaculture, 303: 28–33.
- LARA, G., 2012. Técnicas de manejo aplicadas à redução das concentrações de nitrito na água de cultivo de *Litopenaeus vannamei* em sistema de bioflocos. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Aquicultura – FURG.
- LAVENS, P., SORGELOOS, P. 1996. Manual on the production and use of live food for aquacultures. FAO Fisheries Technical Paper, n 361. Rome, FAO. 295p.
- LEHNINGER, A.L., NELSON, D.L., COX, M.M. 2005. Lehninger: Principles of Biochemistry 4th ed. Freeman and Company New York. 1119p
- LIN, Y & J CHEN. 2001. Acute toxicity of ammonia on *Litopenaeus vannamei* Boone juveniles at different salinity levels. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 259: 109-119.
- LIN, Y & J CHEN. 2003. Acute toxicity of nitrite on *Litopenaeus vannamei* (Boone) juveniles at different salinity levels. Aquaculture, 224: 193-201.
- LOURENÇO, S.O., 2006. Cultivo de microalgas marinhas: princípios e aplicações. Editora Rima, São Carlos – Brasil.
- LUBIAN L. M., MONTERO O., MORENO G. I. 2002. Nannochloropsis (Eustigmatophyceae) as source of commercially valuable pigments. J Appl Phycol, 12: 249–255.
- MACIAS-SANCHO, J., POERSCH, L. H., BAUER, W., ROMANO, L. A., WASIELESKY, W., TESSER, M. B. 2014. Fishmeal substitution with *Arthrospira (Spirulina platensis)* in a practical diet for *Litopenaeus vannamei*: effects on growth and immunological parameters. Aquaculture, 426: 120-125.

- MANSOUR, M.P., FRAMPTON, D.M.F., NICHOLS, P.D., VOLKMAN, J.K., BLACKBURN, S.I. 2005. Lipid and fatty acid yield of nine stationary-phase microalgae: Applications and unusual C-24-C-28 polyunsaturated fatty acids. *J Appl Phycol*, 17(4): 287-300.
- MARTINS, T. G., ODEBRECHT, C., JENSEN, L. V., D'OCA, M. G., & WASIELESKY, W. 2016. The contribution of diatoms to bioflocs lipid content and the performance of juvenile *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) in a BFT culture system. *Aquaculture Research*, 47(4): 1315-1326.
- MCINTOSH BJ, TM SAMOCHA, ER JONES, AL LAWRENCE, DA M CKEE, S HOROWITZ & A HOROWITZ. 2000. The effect of a bacterial supplement on the high-density culturing of *Litopenaeus vannamei* with low-protein diet on outdoor tank system and no water exchange. *Aquacultural Eng.*, 21: 215-227.
- METCALFE, L., SCHMITZ, A. 1961. The Rapid Preparation of fatty acids esters for gas chromatographic analysis. *Anal Chem* 33(3), 363.
- PATIL, V., KÄLLQVIST, T., OLSEN, E., VOGT, G., & GISLERØD, H. R. 2007. Fatty acid composition of 12 microalgae for possible use in aquaculture feed. *Aquaculture International*, 15(1), 1-9.
- PEREZ-GARCIA, O., ESCALANTE, F.M.E., DE-BASHAN, L.E., BASHAN, Y. 2011. Heterotrophic cultures of microalgae: metabolism and potential products. *Water Res.*, 45: 11– 36.
- RADCHENKO, I.G., IL'YASH, L.V. 2006. Growth and photosynthetic activity of diatom *Thalassiosira weissflogii* at decreasing salinity. *Biology Bulletin* 33 (3): 3 242-47.
- RIOS, K., WASIELESKY, W., ABREU P.C. 2013. Nitrogen and phosphorus dynamics in the biofloc production of the white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *J. World Aquac. Soc.* 44: 30 – 41.
- ROSELET F., P. MAICÁ, T. MARTINS, P.C. ABREU. 2013. Comparison of open-air and semi-enclosed cultivation system for massive microalgae production in sub-tropical and temperate latitudes. *Biomass and Bioenergy*, 59: 418–424.

- ROSELET F., J. BURKERT, P.C. ABREU. 2016. Flocculation of *Nannochloropsis oculata* using a tannin-based polymer: Bench scale optimization and pilot scale reproducibility. *Biomass and Bioenergy*, 87: 55–60.
- SALES, R., MÉLO, R. C. S., DE MORAES, R. M., DA SILVA, R. C. S., CAVALLI, R. O., NAVARRO, D. M. D. A. F., DE SOUZA SANTOS, L. P. 2016. Production and use of a flocculated paste of *Nannochloropsis oculata* for rearing newborn seahorse *Hippocampus reidi*. *Algal Research*, 17: 142-149.
- SAVAGE, N. 2011. Algae: the scum solution. *Nature*, 474: 15–16.
- SHEEHAN, J., DUNAHAY, T., BENEMANN, J. & ROESSLER, P. 1998. A Look Back at the US Department of Energy's Aquatic Species Program—Biodiesel from Algae. National Renewable Energy Laboratory, Report NREL/TP-580-24190.
- SILVA, B. C., ANDRE, R. C., BELETTINI, F., BUGLIONE, C. C., JATOBÁ, A., VIEIRA, F. N., ANDREATTA, E. R, DERNER, R. B. 2009. Utilização de *Thalassiosira weissflogii* em larvicultura de *Litopenaeus vannamei*. *Atlântica*, 31(1): 39-50.
- SPOLAORE, P., JOANNIS-CASSAN C., DURAN, E., ISAMBERT, A. 2006. Commercial applications of microalgae. *J Biosci Bioeng*, 101 (2): 87-96.
- STRICKLAND, J. D. H. & PARSONS, T.R. 1972. A practical handbook of seawater analysis. Fish. Res. Board of Canada. Ottawa. 310p.
- TURAN H., KAYA Y. AND ERDEM E. 2011. Proximate composition, cholesterol, and fatty acid content of brown shrimp (*Crangon crangon* L. 1758) from Sinop Region, Black Sea. *J. Aquat. Food Prod. Tech*, 20: 100.
- UNESCO (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization), 1983. Chemical Methods for Use in Marine Environmental Monitoring. Manual And Guides. Intergovernmental Oceanographic Commission, Paris, France.

- VALENZUELA-ESPINOZA, E., MILLÁN- NUÑEZ, R., NUÑEZ-CEBRERO, F. 2002. Protein, carbohydrate, lipid and chlorophyll a content in *Isochrysis* aff. *galbana* (clone T-Iso) cultured with a low cost alternative to the f/2 medium. *Aquaculture Engineering*, 25: 207-216.
- VAN WYK, P & J SCARPA. 1999. Water Quality Requeriments and Management. In: Van Wyk, P., et al. (Eds.), *Farming Marine Shrimp in Recirculating Freshwater Systems*. Florida Department of Agriculture and Consumer Services, Tallahassee, pp. 140–162
- WALNE, P.R. 1966. Experiments in the large scale culture of the larvae of *Ostrea edulis*. *Fishery Investigations*, 25 (4): 1-53.
- WASIELESKY, W.; ATWOOD, H.; STOKS, A.; BROWDY, C., 2006. Effect of natural production in a zero exchange suspended microbial floc based super-intensive culture system for white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, 258: 396- 403.
- WEN Z., CHEN F. 2000. Production potential of eicosapentaenoic acid by the diatom *Nitzschia laevis*. *Biotechnol. Lett.*, 22: 727–733.
- WOOD, A. M., EVERROAD, R. C., WINGARD, L. M. 2005. Measuring growth rates in microalgal cultures. In: Andersen, R. A. (Ed.), *Algalculturing Techniques*. Elsevier Academic Press, 269–285.
- YAMASHITA, C., MAGALHÃES, P.M. S. (1984). Meio de cultura para alga *chaetoceros gracilis*. *Boletim de pesquisa n° 07*, Embrapa/RN, Natal-RN, abril de 1984.
- ZOU N., RICHMOND A. 1999. Effect of light-path length in outdoor flat plate reactors on output rate of cell mass and of EPA in *Nannochloropsis* sp. *J Biotechnol.*, 70: 351–356