

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP**

**Balanço de Nitrogênio em Viveiros de Crescimento Final de  
*Macrobrachium amazonicum* com Uso de Aeração Noturna e  
Substratos Artificiais**

**FABRICIO RIBEIRO TITO ROSA**

**BIÓLOGO**

Jaboticabal  
São Paulo - Brasil  
2011

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP**

**Balanço de Nitrogênio em Viveiros de Crescimento Final de  
*Macrobrachium amazonicum* com Uso de Aeração Noturna e  
Substratos Artificiais**

**Fabricio Ribeiro Tito Rosa**

Orientador: **Prof. Dr. Wagner Cotroni Valenti**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Aquicultura, do Centro de Aquicultura da Unesp, Campus de Jaboticabal, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Aquicultura.

Jaboticabal  
São Paulo - Brasil  
2011

R788b Rosa, Fabrício Ribeiro Tito  
Balanço de Nitrogênio em Viveiros de Crescimento Final de  
*Macrobrachium amazonicum* com Uso de Aeração Noturna e  
Substratos Artificiais / Fabrício Ribeiro Tito Rosa. -- Jaboticabal,  
2011  
v, 55 f. : il. ; 29 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Centro  
de Aquicultura, 2011  
Orientador: Wagner Cotroni Valenti  
Banca examinadora: Clovis Ferreira do Carmo, Margarete  
Mallasen  
Bibliografia

1. Aeração. 2. Camarão-da-amazonia. 3. Nitrogênio. 4.  
Substratos artificiais I. Título. II. Jaboticabal – Centro de Aquicultura.

CDU 639.512

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação –  
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

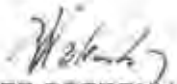
**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

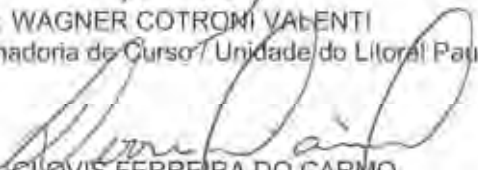
**TÍTULO:** Balanço de Nitrogênio em Viveiros de Crescimento Final de *Macrobrachium amazonicum* com Uso de Aeração Noturna e Substratos Artificiais


**AUTOR:** FABRICIO RIBEIRO TITO ROSA

**ORIENTADOR:** Prof. Dr. WAGNER COTRONI VALENTI

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Aqüicultura , pela Comissão Examinadora;

  
Prof. Dr. WAGNER COTRONI VALENTI  
Coordenadoria de Curso / Unidade do Litoral Paulista

  
Prof. Dr. CLOVIS FERREIRA DO CARMO  
Cpdpo / Instituto de Pesca de São Paulo

  
Profa. Dra. MARGARETE MALLASEN  
Centro de Pesquisa do Pescado Continental / Instituto de Pesca

Data da realização: 14 de julho de 2011.

## AGRADECIMENTOS

A Deus.

Aos meus familiares, especialmente meus pais e irmãos.

Ao Prof. Dr. Wagner Cotroni Valenti por todo apoio e valiosa orientação.

Ao CNPq pelo apoio financeiro.

Aos membros da banca defesa, Dr. Clóvis Ferreira do Carmo e Dra. Margarete Mallasen.

Aos membros da banca de qualificação, Dra. Cacilda Thais Janson Mercante e Dra. Maria Stela Maioli Castilho Noll.

Aos amigos e companheiros de experimento Bruno e Matheus.

À Janaína, pelos ensinamentos sobre limnologia e análises de água.

A todos os amigos do setor de carcinicultura, pelo excelente convívio e ensinamentos passados durante esses anos. Um obrigado especial àqueles que ajudaram nas coletas e análises de água.

A todos aqueles que de uma forma ou de outra auxiliaram no experimento.

Ao Caunesp, todos os professores, funcionários, alunos e amigos.

À Maria, tão especial e companheira.

Aos irmãos que ganhei durante a vida universitária: Ariel, Bauru, Bruno, Caio, Cravo, Érico, Rhosa, Sansão, Spinha, Tanga.

## ÍNDICE

RESUMO .....	1
ABSTRACT .....	2
1. INTRODUÇÃO.....	3
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	9
2.1. Cultivo e Manejo Diário .....	9
2.2. Entrada de Nitrogênio .....	11
2.3. Saída de Nitrogênio .....	13
2.4. Balanço de Nitrogênio .....	17
2.5. Análise Estatística.....	18
3. RESULTADOS .....	20
4. DISCUSSÃO .....	34
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	43
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	44

## RESUMO

O objetivo do presente estudo foi analisar o balanço de nitrogênio em viveiros de cultivo de *Macrobrachium amazonicum*, caracterizando as principais entradas e saídas deste nutriente. O experimento foi desenvolvido em 12 viveiros retangulares de fundo natural, com um delineamento experimental em blocos inteiramente casualizados (DBC), em esquema fatorial (2x2), com três repetições. Os fatores testados foram o uso de aeração noturna (presente ou ausente) e o uso de substratos artificiais (presente ou ausente). Para cálculo da entrada de nitrogênio no cultivo foi quantificado o total de nitrogênio que entrou por meio do alimento alóctone, pelos juvenis, pelo fertilizante e pela água de abastecimento. Para o cálculo da saída de nitrogênio do cultivo foi quantificado o nitrogênio acumulado nos camarões despescados, na matéria aderida ao substrato e no sedimento, além do nitrogênio eliminado no efluente da despesca e na forma de gás N<sub>2</sub> desprendido do sedimento. O alimento alóctone foi responsável por 57% do nitrogênio que entrou no sistema, enquanto que o sedimento acumulou cerca de 45% do nitrogênio inserido durante o cultivo. No máximo 13,5% do nitrogênio contido no alimento alóctone foram incorporados pelos camarões, indicando a necessidade de estudos para uma melhora nessa incorporação. O uso de aeração noturna elevou a entrada de nitrogênio pelo alimento alóctone, favoreceu o acúmulo de nitrogênio na coluna d'água e conseqüentemente no efluente da despesca. O uso de substratos artificiais para o desenvolvimento de perifiton pode melhorar a incorporação do nitrogênio inserido durante o cultivo, além de diminuir o acúmulo de nitrogênio nos efluentes, gerado pelo aerador.

**Palavras chave:** aeração, camarão-da-amazônia, nitrogênio, substratos artificiais.

## ABSTRACT

The aim of this study was to analyze the nitrogen balance in grow-out ponds of *Macrobrachium amazonicum*, characterizing the main inputs and outputs of this nutrient. The experiment was conducted in 12 natural rectangular ponds, with a randomized complete block experimental design (RBD) in a factorial (2x2) with three replications. The factors tested were the nocturnal aeration (present or absent) and use of artificial substrates (present or absent). To calculate the input of nitrogen in the culture the total nitrogen that came through allochthonous food, supplied by juveniles, and by fertilizer and water supply was quantified. To calculate the nitrogen removed from the culture was quantified the nitrogen accumulated in the prawns at harvest, in the matter adhered to the substrate, in the sediment and the nitrogen eliminated in the effluent in harvest and N<sub>2</sub> gas form loose from the sediment. The allochthonous food accounted for 57% of the nitrogen that entered the system, while the sediment has accumulated about 45% of the nitrogen added in the culture. A maximum of 13.5% nitrogen contained in the allochthonous food was incorporated by prawns, indicating that it is necessary to study an improvement in this embodiment. The use of nocturnal aeration elevated the input of nitrogen by allochthonous food, promoted the accumulation of nitrogen in the water column and consequently in the harvest effluent. Using artificial substrates for periphyton development can enhance the uptake of nitrogen added during cultivation, and reduce the accumulation of nitrogen in the effluent generated by the aerator.

**Key words:** aeration, amazon river prawn, artificial substrates, nitrogen

## 1. INTRODUÇÃO

A criação de camarões de água doce tornou-se um dos principais contribuintes para expansão da aquicultura mundial, tanto em termos de quantidade quanto em movimentação monetária (New 2010). Segundo dados da FAO (2011), a produção mundial de camarões de água doce foi cerca de 218 mil toneladas em 2000, enquanto que em 2008, foi cerca de 413 mil toneladas, correspondendo em um aumento de quase 90%. Ainda, no ano 2008 a carcinicultura de água doce movimentou ao redor de 2 bilhões de dólares (FAO, 2011). Entre as espécies mais cultivadas, estão o *Macrobrachium nipponense*, produzido principalmente na China, e o *Macrobrachium rosenbergii*, cultivado em vários países, principalmente asiáticos. No Brasil a espécie *M. rosenbergii* é a mais cultivada. Seu cultivo é realizado em pequenas propriedades, distribuídas em 16 estados brasileiros, sendo o Espírito Santo o principal produtor, detendo 1/3 de toda produção (Moraes-Riodades, 2004). No entanto, o cultivo de espécies exóticas tem sido criticado, devido aos impactos negativos que um possível escape desses animais pode causar ao meio ambiente. Entre esse impactos estão a introdução de microfauna e microflora associados, além da competição gerada devido à introdução de uma nova espécie no ambiente (Araújo & Valenti, 2005).

Entre as espécies nativas do Brasil, o *Macrobrachium amazonicum* apresenta grande potencial para a aquicultura (Kutty *et al.*, 2000; New, 2005). Estudos têm mostrado que é uma espécie rústica, politrófica e resistente a doenças, além de suportar intensificação e apresentar uma alta taxa de sobrevivência ao final do cultivo (Moraes-Valenti & Valenti, 2010). Além disso, a espécie possui uma ampla distribuição na América do Sul (Maciel & Valenti, 2009), o que elimina os riscos gerados pelo escape acidental dos viveiros de cultivo (Moraes-Valenti & Valenti, 2010).

O cultivo de *M. amazonicum* vem sendo estudado desde 1999 no Centro de Aquicultura da UNESP. Até o presente, foi definida a identificação de morfotipos em populações adultas (Moraes-Riodades & Valenti, 2004), foram realizados estudos sobre o crescimento relativo (Moraes-Riodades & Valenti, 2002), larvicultura (Araújo & Valenti, 2002; Vetorelli, 2004, 2008) e rendimento em carne (Moraes-Riodades *et al.*, 2002). Durante a fase de crescimento final foram realizados trabalhos enfocando a densidade de estocagem (Moraes-Valenti & Valenti, 2007), estratégias de povoamento e despesca (Preto, 2007) e alguns estudos limnológicos (Moraes-Riodades *et al.*, 2006; Keppeler & Valenti, 2006; Kimpara *et al.*, 2010).

Durante o crescimento final, a intensificação pode gerar maior produção. O aumento da produção na mesma unidade de área geralmente envolve um maior aporte de energia externa sob a forma de fertilizantes, alimento alóctone, aeração, mão-de-obra, entre outros (Kimpara, 2007). Além disso, no cultivo de camarões de água doce pode-se aumentar a área útil por meio da utilização de substratos artificiais. Como um animal essencialmente bentônico, os camarões de água doce são limitados pela disponibilidade de espaço de 2 dimensões e não pelo volume tridimensional (Tidwell *et al.*, 1998). Portanto, estão quase sempre associados a um substrato e acabam ocupando apenas o fundo e os taludes do viveiro. Com a inserção de substratos artificiais, uma área adicional fica disponível para os camarões na coluna d'água, aproveitando-se melhor o espaço do viveiro. Portanto, o uso de substratos artificiais pode influenciar parcialmente o cultivo do mesmo modo que a redução da densidade populacional (Tidwell *et al.*, 1998). Foi demonstrado que o uso de substratos artificiais reduziu o efeito negativo do crescimento heterogêneo em *M. rosenbergii*, elevando significativamente a produtividade (Karplus *et al.*, 2000; Tidwell & D'Abramo, 2000). Além disso, os substratos melhoram a qualidade da água e reduzem a taxa de conversão

alimentar devido ao acúmulo de perifiton, que metaboliza compostos nitrogenados, serve de alimento aos camarões e evita os contatos agonísticos, melhorando o bem estar animal e possibilitando uma maior intensificação do cultivo (Tidwell *et al.*, 1999; 2000; 2001).

Além do uso de substratos artificiais, o uso de aeradores está diretamente associado à intensificação do cultivo, devido a uma melhora na qualidade de água e conseqüente possibilidade no aumento da densidade populacional nos viveiros. Os aeradores são dispositivos mecânicos que elevam a taxa de oxigênio na água (Boyd & Zimmermann, 2010). Ainda, de acordo com Boyd & Tucker (1998), o seu uso é a maneira mais eficiente de aumentar a disponibilidade de oxigênio nos viveiros. Os camarões necessitam de oxigênio para respiração, e a quantidade necessária depende do tamanho do animal, consumo de alimento, nível de atividade, da temperatura da água e da concentração de oxigênio dissolvido na água (Boyd & Zimmerman, 2010). Portanto, o uso de aeradores pode gerar um aumento na produção, tanto pela possibilidade de aumento na densidade populacional quanto pelo maior crescimento dos animais devido à maior disponibilidade de oxigênio dissolvido nos viveiros. Porém, não se sabe se o uso de aeração pode afetar o balanço de nitrogênio nos viveiros de cultivo. Além disso, sua utilização implica em um maior consumo de energia e a intensificação da aquicultura tem sido apontada como causadora de vários desequilíbrios e impactos ambientais. Porém, se praticada com base científica pode aumentar a sustentabilidade econômica e ambiental dos sistemas de cultivo, pois possibilita o aumento da produção sem aumento da área de cultivo.

A aquicultura utiliza recursos naturais, manufaturados e humanos, tais como: terra, água, energia, ração, fertilizantes, equipamentos, mão de obra, entre outros, e estes devem ser usados de forma racional para que a atividade seja perene e lucrativa

(Valenti, 2002). Para otimizar a utilização desses recursos é essencial que se entenda a ecologia dos viveiros e, portanto, os processos químicos, físicos e biológicos, e interação entre eles, que ocorrem ao longo de um cultivo. Além disso, as características da água durante o cultivo afetam diretamente a capacidade dos camarões de realizar suas funções fisiológicas, como crescimento, resistência a doenças, reprodução, etc. (Boyd & Zimmerman, 2010).

O nitrogênio é um dos elementos mais importantes no metabolismo de ecossistemas aquáticos (Esteves, 1998). As principais formas nitrogenadas encontradas nos ambientes aquáticos são o nitrogênio amoniacal ( $\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$ ), o nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ), o nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) e nitrogênio molecular ( $\text{N}_2$ ), além do nitrogênio orgânico dissolvido e particulado. As formas de entrada e saída de nitrogênio nos viveiros são diversas e dependem do sistema empregado, as quais estão descritas por Funge-Smith & Briggs (1998). Em resumo, o nitrogênio entra nos viveiros pela água de abastecimento, na biomassa dos camarões estocados, no alimento alóctone, nas fertilizações aplicadas pelo produtor, podendo também entrar com as chuvas e pela fixação do nitrogênio atmosférico por cianobactérias presentes nos viveiros. No interior dos viveiros, o nitrogênio está distribuído na coluna d'água, na biomassa dos organismos estocados e no sedimento. A saída deste nutriente ocorre pelos efluentes liberados durante o cultivo e na despesca, na biomassa dos camarões despescados e na forma de gás ( $\text{N}_2$  e amônia volatilizada) que são liberados para a atmosfera.

A principal fonte de nitrogênio em viveiros de aquicultura é o fornecimento de ração (Hargreaves, 1998; Gross *et al.*, 2000). Além disso, no cultivo de camarões de água doce no Brasil, o alimento artificial chega a ser responsável por até 50% do custo de produção (Rhodes, 2000). Apesar do alto investimento, em média, apenas 25% do nitrogênio inserido no cultivo é incorporado pelo organismo cultivado (Hargreaves,

1998). No cultivo de camarões marinhos esse valor pode variar de 6 a 21% (Briggs & Funge-Smith, 1994; Funge-Smith & Briggs, 1998). O nitrogênio ainda pode influenciar o cultivo de forma indireta, tanto pelo seu efeito na produtividade primária, como pelo efeito tóxico de alguns compostos nitrogenados. O nitrogênio pode ser fator limitante para o desenvolvimento do fitoplâncton (Boyd & Tucker, 1998; Hargreaves, 1998; Elser *et al.*, 2007) e, no cultivo de camarões de água doce, o fitoplâncton pode trazer alguns benefícios, como: aumento da base da cadeia alimentar e da produção de alimento natural para os camarões, aumento da turbidez da água, evitando o crescimento de macrófitas submersas e a redução da predação por aves aquáticas (Boyd & Zimmermann, 2010). Quanto à toxicidade, sabe-se que o acúmulo de amônia não ionizada ( $\text{NH}_3$ ) e nitrito nos viveiros de cultivo pode, além de diminuir o crescimento, chegar a ser letal aos animais cultivados (Hargreaves, 1998; Boyd & Zimmerman, 2010). A amônia é o principal composto nitrogenado excretado pelos crustáceos e também resulta da decomposição da matéria orgânica (Boyd & Tucker, 1998). Sua toxicidade depende do pH e temperatura, visto que, em elevado pH e temperatura o equilíbrio iônico entre  $\text{NH}_3$  e  $\text{NH}_4^+$  se desloca para a forma tóxica não ionizada (Hargreaves, 1998).

Além de influenciar o cultivo de organismos aquáticos direta e indiretamente, o nitrogênio gerado pela aquicultura pode ser importante fonte de impacto ambiental. Efluentes de viveiros de aquicultura podem descartar uma grande quantidade de nitrogênio, degradando a qualidade da água nos corpos receptores (Hargreaves, 1998; Jackson *et al.*, 2003; Khoi & Fotedar, 2010), podendo, além de proporcionar o acúmulo de nitrogênio, acarretar na eutrofização desses ambientes. Segundo Esteves (1998), eutrofização é o aumento de nutrientes, especialmente nitrogênio e fósforo, nos ecossistemas aquáticos, que tem como consequência o aumento da produtividade.

Ainda, segundo este autor, a eutrofização artificial (induzida pelo homem) é um processo dinâmico, que causa grandes modificações qualitativas e quantitativas nas comunidades aquáticas e nas condições físicas e químicas do meio. Uma das principais consequências da eutrofização é o aparecimento de *blooms* de cianobactérias, cujas cepas podem ser tóxicas aos humanos (Lampert & Sommer, 2007). Além disso, pode ocorrer o surgimento de zonas anóxicas no hipolímnio e sedimento, ocasionando até mesmo a morte de organismos aquáticos (Lampert & Sommer, 2007). Como a aquicultura é um setor de produção alimentícia em rápido crescimento, o seu intenso desenvolvimento tem sido acompanhado de um aumento nesses impactos ambientais (Crab *et al.*, 2007). Desta forma, estudos científicos que avaliem o balanço de nitrogênio em viveiros de cultivo se tornam essenciais para se atingir uma aquicultura mais sustentável.

Dentro do exposto, o objetivo do presente trabalho é analisar o balanço de nitrogênio em viveiros de cultivo de *M. amazonicum*, com e sem o uso de aeração noturna e substratos artificiais, caracterizando as principais entradas e saídas deste nutriente.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Cultivo e Manejo Diário

O estudo foi realizado no Setor de Carcinicultura do Centro de Aquicultura da Universidade Estadual Paulista (Caunesp) (21° 15'S e 48° 19'W), campus de Jaboticabal, São Paulo, Brasil, durante 125 dias. O experimento foi desenvolvido em 12 viveiros retangulares de fundo natural, com aproximadamente 0,01 ha de lâmina d'água e profundidade média de 1 m. Inicialmente os viveiros foram drenados, secos ao ar e retirou-se, manualmente, o sedimento acumulado de cultivos anteriores. Logo após, realizou-se a calagem com cal hidratada (1 t.ha<sup>-1</sup>) e, posteriormente, os viveiros foram abastecidos com água proveniente de duas represas localizadas a montante do Setor de Carcinicultura. Todos os viveiros foram providos de aeradores, que foram acionados das 12h00 às 14h00 para redução dos efeitos da estratificação térmica da água, diminuindo os efeitos negativos da menor temperatura da água no fundo dos viveiros sobre os camarões. A fertilização química foi realizada em duas ocasiões em todos os viveiros, utilizando-se superfosfato simples e uréia na concentração de 8 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. ha<sup>-1</sup> e 2 kg N. ha<sup>-1</sup>, respectivamente, de acordo com o recomendado por Boyd & Zimmermann (2010).

O delineamento experimental foi em blocos inteiramente casualizados (DBC), em esquema fatorial (2x2), com três repetições. Os fatores testados foram o uso de aeração noturna (presente ou ausente) e uso de substratos artificiais (presente ou ausente). O que resultou nos seguintes tratamentos:

T1= cultivo sem aeração noturna e sem substrato artificial (Tradicional);

T2= cultivo com aeração noturna e sem substrato artificial;

T3= cultivo sem aeração noturna e com substrato artificial;

T4= cultivo com aeração noturna e com substrato artificial (Aer + Sub).

Como substratos artificiais foram utilizados panagens de tela de nylon (rede antipássaros), dispostas na vertical, com o equivalente a 50% da área do fundo do viveiro (Figura 1). Nos tratamentos com aeração noturna, os aeradores foram acionados das 2h00 às 5h00, além do horário já citado anteriormente, de modo a manter o nível de oxigênio dissolvido sempre elevado. Foram utilizados aeradores de hélice, da marca Bernauer<sup>®</sup>, modelo AquaHobby B-500 (Figura 1).



**Figura 1.** **A:** Foto de um viveiro antes do cultivo, ilustrando a disposição dos substratos artificiais. **B:** Aerador utilizado durante o experimento.

Os viveiros foram povoados com juvenis de 30 dias ( $24 \pm 12$  mg de massa) de *Macrobrachium amazonicum*, na densidade de 45 ind.m<sup>-2</sup>. Estes foram alimentados diariamente com dieta peletizada recomendada para camarões marinhos, cuja composição, fornecida pelo fabricante, é de 35% de proteína bruta (mínimo). O fornecimento da dieta foi na taxa de 9 a 5% da biomassa contida em cada viveiro, conforme a fase de desenvolvimento. A biomassa dos camarões foi estimada por meio de biometrias a cada 21 dias e esta foi corrigida semanalmente, considerando-se 1% de mortalidade e 20% de ganho de peso. A dieta foi fornecida “a lanço” por toda a extensão do viveiro, com duas porções iguais, fornecidas às 08:00 e às 16:00 horas. Após o período experimental cada viveiro foi drenado e os camarões despescados.

Diariamente, no período da manhã (8h00) foram medidas a temperatura e a concentração de oxigênio dissolvido no fundo de cada viveiro, com auxílio de um oxímetro (YSI 55). O pH foi medido quinzenalmente, também no período da manhã, utilizando-se um peagômetro (YSI 63). Amostras quinzenais de água foram coletadas para análises laboratoriais de nitrogênio amoniacal (APHA 2005, 4500–NH<sub>3</sub> F.) e nitrito (APHA 2005, 4500–NO<sub>2</sub> B.). Quando a concentração de oxigênio dissolvido estava a baixo de 2,5 mg.L<sup>-1</sup>, a dieta não era fornecida, quando estava entre 2,5 e 3,5 mg.L<sup>-1</sup> era fornecida metade da dieta, e quando estava acima de 3,5 mg.L<sup>-1</sup> esta era fornecida normalmente. O cultivo foi realizado utilizando-se água de abastecimento apenas para repor as perdas por infiltração e evaporação.

A tabela 1 apresenta os principais dados de desempenho zootécnico obtidos ao final do cultivo.

**Tabela 1.** Médias ± desvios padrão dos dados de desempenho zootécnico obtidos ao final do cultivo de *Macrobrachium amazonicum*.

<b>Tratamentos</b>	<b>Sobrevivência (%)</b>	<b>Peso médio final (g)</b>	<b>Produtividade (t/ha)</b>
<b>T1</b>	78 ± 3	2,79 ± 0,05	0,97 ± 0,02
<b>T2</b>	76 ± 2	3,29 ± 0,05	1,13 ± 0,01
<b>T3</b>	83 ± 6	2,95 ± 0,22	1,10 ± 0,15
<b>T4</b>	74 ± 2	3,48 ± 0,13	1,16 ± 0,07

T1: cultivo sem aeração noturna e sem substrato; T2: cultivo com aeração noturna e sem substrato artificial; T3: cultivo sem aeração noturna e com substrato artificial; T4: cultivo com aeração noturna e com substrato artificial.

## **2.2. Entrada de Nitrogênio**

Para cálculo da entrada de nitrogênio no cultivo foi quantificado o total de nitrogênio que entrou por meio do alimento alóctone fornecido, dos camarões

introduzidos, do fertilizante e da água de abastecimento. Todos os dados obtidos foram transformados em  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , padronizando a unidade de medida.

Uma amostra de aproximadamente 20 g do alimento alóctone utilizado no cultivo foi seca em estufa a  $70^{\circ}\text{C}$  até atingir peso constante. Depois de seca a amostra foi triturada em micromoinho e homogeneizada. Então, três subamostras de 0,02 mg foram submetidas à análise de nitrogênio Kjeldahl total (APHA 2005, 4500–N C.), para se determinar a concentração de nitrogênio contida no alimento alóctone. Essa concentração foi então multiplicada pelo total de alimento fornecido em cada viveiro, obtendo-se assim o total de nitrogênio do alimento alóctone por viveiro.

No momento do povoamento, 100 juvenis foram separados para análise da concentração de nitrogênio. As juvenis foram abatidos e depois secos em estufa a  $70^{\circ}\text{C}$  até que atingissem peso constante. Foram triturados em micromoinho e o material obtido foi homogeneizado. Deste material, três subamostras de 0,02 mg foram retiradas e submetidas à análise de nitrogênio Kjeldahl total (APHA 2005, 4500–N C.). A média das concentrações encontradas foi multiplicada pela biomassa total colocada em cada viveiro no povoamento.

O cálculo do total de nitrogênio inserido no cultivo pelo fertilizante foi feito pela soma das vezes em que a fertilização foi realizada. Isto porque a fertilização já foi realizada utilizando-se a concentração de  $2 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  de nitrogênio por viveiro, portanto nenhuma análise foi necessária para se quantificar a concentração de nitrogênio no fertilizante.

A quantidade de água utilizada para repor a água perdida por infiltração e evaporação durante todo o cultivo foi estimada medindo-se a quantidade de água perdida diariamente nos viveiros durante uma semana. O volume calculado de perda diária de água foi então multiplicado pelo número total de dias de cultivo. A esse

volume somou-se a quantidade de água utilizada para preenchimento inicial dos viveiros, obtendo assim o volume total de água que entrou nos viveiros durante todo o cultivo. Para se calcular a concentração de nitrogênio nessa água de abastecimento, foram realizadas coletas quinzenais no período da manhã. A amostra de água coletada foi filtrada através de um micro filtro de fibra de vidro (Whatman GF 52-C) de  $47 \pm 0,5$  mm de diâmetro e  $0,6-0,7 \mu\text{m}$  de porosidade e subamostras foram retiradas para análises de nitrito (APHA 2005, 4500-NO<sub>2</sub> B.) e nitrato (APHA 2005, 4500-NO<sub>3</sub> E.). Também foi realizada a análise de nitrogênio Kjeldahl total com a amostra não filtrada. A concentração de nitrogênio total da água de abastecimento foi calculada somando-se a concentração de nitrogênio Kjeldahl total (que quantifica a concentração do nitrogênio orgânico e do nitrogênio amoniacal), de nitrito e nitrato. Para o cálculo do nitrogênio que entrou no cultivo por meio da água de abastecimento, multiplicou-se a concentração média de nitrogênio total na água de abastecimento pela quantidade total de água utilizada durante o cultivo.

### **2.3. Saída de Nitrogênio**

Para o cálculo do total de nitrogênio retirado do sistema de cultivo foi quantificado o nitrogênio acumulado nos camarões despescados, na matéria aderida ao substrato e no sedimento. Também foi calculado o nitrogênio eliminado no efluente da despesca e na forma de gás N<sub>2</sub> desprendido do sedimento. Todos os valores obtidos foram transformados em kg.ha<sup>-1</sup>, padronizando a unidade de medida.

Foram coletados, aleatoriamente, 50 camarões despescados para análise da concentração de nitrogênio nos animais cultivados. Os camarões foram secos em estufa e depois moídos, seguindo a mesma metodologia descrita anteriormente para os

juvenis. Em seguida, 18 amostras foram submetidas à análise de nitrogênio Kjeldahl total (APHA 2005, 4500–N C.) para obter uma concentração média de nitrogênio nos camarões. O total de nitrogênio incorporado nos camarões, para cada viveiro, foi calculado multiplicando-se a concentração média pelo total de biomassa despescada.

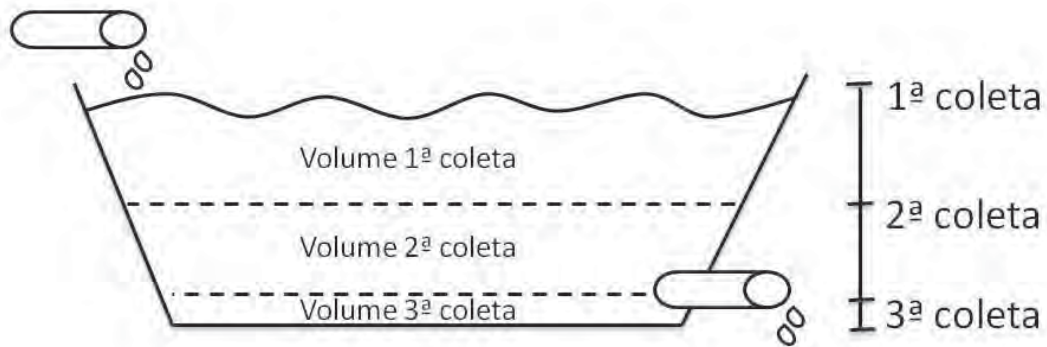
Ao final do experimento foram retiradas 3 amostras de 10x10 cm (100 cm<sup>2</sup>) do substrato de cada viveiro. As amostras foram pesadas e secas em estufa a 70°C. Depois de secas foram novamente pesadas e a matéria aderida ao substrato foi desprendida deste por atrito, e descontou-se a massa do substrato artificial do peso seco total obtido. A matéria obtida foi triturada e homogeneizada. Duas subamostras foram submetidas à análise de nitrogênio Kjeldahl total (APHA 2005, 4500–N C.). A partir do peso seco de cada amostra calculou-se a massa total aderida ao substrato e multiplicando-a pela concentração de nitrogênio das amostras, calculou-se o total de nitrogênio incorporado no substrato para cada um dos viveiros.

Após a drenagem total dos viveiros foram retiradas três amostras de 230 cm<sup>2</sup> do sedimento de cada viveiro, duas nos cantos opostos e uma no centro do viveiro (Figura 2). As três amostras foram homogeneizadas e pesadas. Uma subamostra foi coletada pesada, seca em estufa e a partir do peso seco obtido calculou-se a massa total de sedimento acumulado no viveiro. A amostra seca foi então triturada e novamente homogeneizada. Duas amostras de 0,02 mg de cada viveiro foram submetidas à análise de nitrogênio Kjeldahl total (APHA 2005, 4500–N C.). A quantidade de nitrogênio acumulado no sedimento, para cada viveiro, foi calculado multiplicando-se a massa de sedimento acumulado pela concentração de nitrogênio das amostras,



**Figura 2.** Esquema com vista aérea de um viveiro, ilustrando os pontos de coleta de sedimento.

Durante a drenagem da água do viveiro, para a realização da despesca, foram realizadas três coletas do efluente de cada viveiro. A primeira, logo no início da drenagem, a segunda quando metade do viveiro já havia sido drenado e a terceira quando faltava em torno de 20 cm de profundidade para ser drenado (Figura 3). Cada uma das amostras foi submetida às análises de nitrito (APHA 2005, 4500–NO<sub>2</sub> B.) e nitrato (APHA 2005, 4500–NO<sub>3</sub> E.), após ter sido filtrada através de um micro filtro de fibra de vidro (Whatman GF 52-C) de  $47 \pm 0,5$  mm de diâmetro e 0,6-0,7  $\mu\text{m}$  de porosidade. Também foi realizada a análise de nitrogênio Kjeldahl total (APHA 2005, 4500–N C.) com a amostra não filtrada. A concentração de nitrogênio total do efluente da despesca foi calculada somando-se a concentração de nitrogênio Kjeldahl total com as de nitrito e nitrato. Utilizando as dimensões do viveiro, calculou-se o volume de água drenado até o momento de cada uma das coletas e, a partir desse volume e da concentração de nitrogênio contida nas amostras, calculou-se o total de nitrogênio eliminado do cultivo pelo efluente da despesca, para cada um dos viveiros.



**Figura 3.** Esquema com vista lateral de um viveiro, ilustrando os momentos e o volume atribuído a cada coleta do efluente da despesca.

A concentração dos gases contidos nas bolhas que se formam no fundo dos viveiros foi obtida expulsando-se “à força” bolhas em formação no sedimento. Para isto utilizou-se um funil com diâmetro de 70 cm, submerso e com um frasco cheio de água fixado ao seu topo (Figura 4). Um peso preso por corda no centro do funil permitia que se comprimissem o fundo do viveiro, forçando as bolhas em formação a se soltarem prematuramente e subirem ao topo do funil, acumulando-se no frasco. Os gases contidos nas bolhas são o  $\text{CH}_4$ , o  $\text{CO}_2$ , e o  $\text{N}_2$ , este último proveniente da desnitrificação. Suas proporções nas bolhas foram estabelecidas por análise cromatográfica, com uso de um cromatógrafo a gás modelo U-13 (Construmaq São Carlos). Após estabelecida a concentração dos gases nas bolhas desprendidas do sedimento, foram realizadas duas coletas ao longo do cultivo a fim de se determinar a quantidade de gás que era desprendido naturalmente em um período de 24h. Para isso foram armados em cada um dos viveiros dois funis de coleta, que, após 24h, foram retirados e então o volume de gás contido na garrafa foi mensurado. Com o volume total de gás desprendido diariamente e a concentração de  $\text{N}_2$  nesse gás, calculou-se o total de nitrogênio liberado do sedimento durante todo o cultivo para cada um dos

viveiros. As coletas e análises de gases foram realizadas de acordo com Matvienko *et al.* (2000).

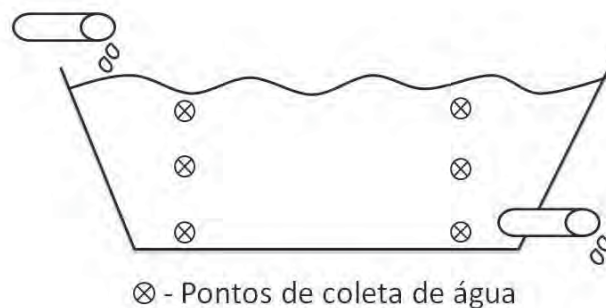


**Figura 4.** Funil utilizado para coleta das bolhas do sedimento por emissão forçada.

#### **2.4. Balanço de Nitrogênio**

O balanço foi calculado para cada um dos viveiros, subtraindo-se o total de saída de nitrogênio do total de entrada de nitrogênio. Após o cálculo do total de entrada, total de saída e balanço do nitrogênio para cada viveiro, foram obtidas as médias para cada tratamento. O valor resultante foi considerado como nitrogênio que saiu do sistema, mas não foi medido. A porcentagem de contribuição de cada um dos compartimentos foi calculada tendo-se como referência o total de nitrogênio que entrou no sistema.

Para o balanço do nitrogênio acumulado na coluna d'água durante o cultivo foram realizadas coletas antes do início do povoamento e antes do início da despesca. Em cada viveiro foi realizada a coleta de amostras de água em 6 pontos: próximo à entrada de água (superfície, meio e fundo) e próxima à saída de água (superfície, meio e fundo), como mostra a figura 5. As amostras foram homogeneizadas e submetidas, em duplicata, às análises de nitrito (APHA 2005, 4500–NO<sub>2</sub> B.) e nitrato (APHA 2005, 4500–NO<sub>3</sub> E.), após terem sido filtradas através de um micro filtro de fibra de vidro (Whatman GF 52-C) de  $47 \pm 0,5$  mm de diâmetro e 0,6-0,7  $\mu$ m de porosidade. A análise de nitrogênio Kjeldahl total foi realizada com a amostra não filtrada. A concentração de nitrogênio total da água do viveiro foi calculada somando-se a concentração de nitrogênio Kjeldahl total, de nitrito e nitrato. Para cálculo do nitrogênio acumulado na coluna d'água de cada viveiro subtraiu-se a concentração inicial de nitrogênio da concentração final.



**Figura 5.** Esquema com vista lateral de um viveiro, ilustrando os pontos de coleta de água para análise da concentração de nitrogênio na coluna d'água.

## 2.5. Análise Estatística

A normalidade e homocedasticidade dos dados foram avaliadas pelo teste de Shapiro-Wilk e Brown-Forsythe, respectivamente. A seguir os dados de cada compartimento analisado foram submetidos à Análise de Variância para comparação

entre os fatores aeração noturna e substrato e a interação entre eles, sendo realizado o desdobramento da interação quando essa foi significativa ( $P < 0,05$ ). Todas as análises foram realizadas no Statistical Analysis System (SAS Intitute Inc., version 9.0). Em todos os casos considerou-se que os dados foram significativamente diferentes quando a probabilidade foi menor que 5%.

### 3. RESULTADOS

As médias de temperatura, pH, nitrogênio amoniacal e nitrito não diferiram entre os tratamentos (Tabela 2). No entanto, as médias de oxigênio dissolvido (OD) foram significativamente maiores nos tratamentos com aeração noturna (Tabela 2).

**Tabela 2.** Médias  $\pm$  desvios padrão e análise de variância das variáveis físicas e químicas da água dos viveiros no cultivo de *Macrobrachium amazonicum* nos tratamentos (médias calculadas a partir dos dados das coletas quinzenais).

Aeração noturna	Substrato artificial	Temperatura (°C)	OD (mg.L <sup>-1</sup> )	pH	N-amoniacal (µg.L <sup>-1</sup> )	Nitrito (µg.L <sup>-1</sup> )
<i>Tratamentos</i>						
Ausente	Ausente	26,1 $\pm$ 0,1	6,38 $\pm$ 0,14	7,29 $\pm$ 0,07	42,86 $\pm$ 10,84	9,06 $\pm$ 2,67
Presente	Ausente	26,2 $\pm$ 0,3	7,16 $\pm$ 0,17	7,43 $\pm$ 0,14	84,47 $\pm$ 19,52	10,08 $\pm$ 0,74
Ausente	Presente	26,1 $\pm$ 0,3	6,43 $\pm$ 0,53	7,10 $\pm$ 0,35	77,93 $\pm$ 70,24	11,02 $\pm$ 5,26
Presente	Presente	26,0 $\pm$ 0,1	7,04 $\pm$ 0,06	6,97 $\pm$ 0,03	93,81 $\pm$ 45,10	14,27 $\pm$ 1,89
<i>Médias agrupadas pelo fator aeração noturna</i>						
Ausente		26,1 $\pm$ 0,2	6,40 $\pm$ 0,35 <sup>B</sup>	7,20 $\pm$ 0,27	89,14 $\pm$ 31,50	12,17 $\pm$ 2,62
Presente		26,1 $\pm$ 0,2	7,10 $\pm$ 0,13 <sup>A</sup>	7,20 $\pm$ 0,25	60,40 $\pm$ 48,88	10,04 $\pm$ 3,88
<i>Médias agrupadas pelo fator substrato artificial</i>						
Ausente		26,0 $\pm$ 0,2	6,73 $\pm$ 0,48	7,03 $\pm$ 0,23	85,87 $\pm$ 53,50	12,64 $\pm$ 3,96
Presente		26,1 $\pm$ 0,2	6,77 $\pm$ 0,45	7,36 $\pm$ 0,13	63,67 $\pm$ 26,81	9,57 $\pm$ 1,84
<i>ANOVA</i>						
Aeração noturna		NS	*	NS	NS	NS
Substrato		NS	NS	NS	NS	NS
Interação		NS	NS	NS	NS	NS

Médias seguidas por letra diferente na mesma coluna diferem significativamente.

\*: significativo (P<0,05); NS: não significativo (P>0,05).

Para a entrada de nitrogênio, o alimento alóctone variou de  $165,2 \pm 3,8$  a  $179,5 \pm 9,7$   $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  de nitrogênio, sendo significativamente maior na presença da aeração noturna (Tabela 3). Além disso, o alimento alóctone apresentou maiores cargas de nitrogênio em relação aos outros parâmetros, em todos os tratamentos. Os juvenis apresentaram uma carga de  $0,22$   $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  e esta não variou entre os tratamentos (Tabela 3). Isto ocorreu porque foi utilizada a mesma densidade de povoamento em todos os viveiros. Este parâmetro foi o que apresentou menor carga de nitrogênio. O fertilizante também não variou entre os tratamentos, pois todos os viveiros foram fertilizados o mesmo número de vezes, e sua carga foi de  $4,0$   $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  de nitrogênio. O nitrogênio contido na água de abastecimento, utilizada para reposição da água perdida por infiltração e evaporação, variou de  $117,7 \pm 14,9$  a  $131,4 \pm 10,5$   $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  entre os tratamentos, não apresentando diferença significativa (Tabela 3).

**Tabela 3.** Médias  $\pm$  desvios padrão e análise de variância das cargas de nitrogênio total ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) nas entradas do cultivo de *Macrobrachium amazonicum* durante os 125 dias. Entre parênteses estão representadas as cargas diárias de nitrogênio ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$ ).

<b>Aeração noturna</b>	<b>Substrato artificial</b>	<b>Alimento alóctone</b>	<b>Juvenis</b>	<b>Fertilizante</b>	<b>Água de abastecimento</b>
<i>Tratamentos</i>					
Ausente	Ausente	166,9 $\pm$ 4,5 (1,33)	0,22	4,0	117,7 $\pm$ 14,9 (0,94)
Presente	Ausente	179,5 $\pm$ 9,7 (1,44)	0,22	4,0	131,4 $\pm$ 10,5 (1,05)
Ausente	Presente	165,2 $\pm$ 3,8 (1,32)	0,22	4,0	118,1 $\pm$ 12,1 (0,94)
Presente	Presente	176,7 $\pm$ 11,2 (1,41)	0,22	4,0	123,1 $\pm$ 5,9 (0,98)
<i>Médias agrupadas pelo fator aeração noturna</i>					
Ausente		166,0 $\pm$ 3,9 <sup>B</sup> (1,33)	0,22	4,0	117,9 $\pm$ 12,1 (0,94)
Presente		178,1 $\pm$ 9,5 <sup>A</sup> (1,42)	0,22	4,0	127,2 $\pm$ 8,9 (1,08)
<i>Médias agrupadas pelo fator substrato artificial</i>					
Ausente		173,2 $\pm$ 9,6 (1,39)	0,22	4,0	124,6 $\pm$ 13,7 (1,00)
Presente		170,9 $\pm$ 9,8 (1,37)	0,22	4,0	120,6 $\pm$ 9,0 (0,96)
<i>ANOVA</i>					
Aeração noturna		*	-	-	NS
Substrato		NS	-	-	NS
Interação		NS	-	-	NS

Médias seguidas por letra diferente na mesma coluna diferem significativamente.

\*: significativo ( $P < 0,05$ ); NS: não significativo ( $P > 0,05$ ).

Quanto às saídas de nitrogênio, os camarões despescados apresentaram uma variação de  $19,8 \pm 0,4$  a  $23,6 \pm 1,4 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  de nitrogênio e não diferiram significativamente entre os tratamentos (Tabela 4). A matéria aderida ao substrato variou de  $17,55 \pm 8,05$  a  $17,64 \pm 5,07 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Este compartimento não diferiu significativamente entre os tratamentos onde estava presente. O maior acúmulo de nitrogênio ocorreu no sedimento, que não apresentou diferenças significativas entre a ausência ou presença da aeração noturna e do substrato. A carga de nitrogênio neste

compartimento variou de  $106,4 \pm 22,3$  a  $151,2 \pm 67,5$   $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ . O nitrogênio contido no efluente da despesca variou de  $15,3 \pm 6,9$  a  $43,8 \pm 10,1$   $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  e, para este parâmetro, a interação entre os fatores foi significativa (Tabela 4). Após o desdobramento dessa interação, observou-se que, na presença da aeração noturna o acúmulo de nitrogênio foi significativamente maior quando o substrato estava presente (Tabela 5). Já na ausência do substrato, o acúmulo foi significativamente maior quando utilizou-se aeração noturna (Tabela 5). O nitrogênio liberado do sedimento na forma de gás  $\text{N}_2$  variou de  $39,7 \pm 14,4$  a  $54,3 \pm 14,3$   $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  e não diferiu significativamente entre a ausência ou presença da aeração noturna e substrato (Tabela 4).

**Tabela 4.** Médias  $\pm$  desvios padrão e análise de variância das cargas de nitrogênio total ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) nas saídas do cultivo de *Macrobrachium amazonicum* durante os 125 dias. Entre parênteses estão representadas as cargas diárias de nitrogênio ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$ ).

Aeração noturna	Substrato	Camarões despescados	Matéria aderida ao substrato	Sedimento	Efluente da despesca	Gás N <sub>2</sub>
<i>Tratamentos</i>						
Ausente	Ausente	19,8 $\pm$ 0,4 (0,16)	-	151,2 $\pm$ 67,5 (1,21)	23,9 $\pm$ 5,4	39,9 $\pm$ 6,9 (0,32)
Presente	Ausente	23,1 $\pm$ 0,3 (0,18)	-	106,4 $\pm$ 22,3 (0,85)	43,8 $\pm$ 10,1	54,3 $\pm$ 14,3 (0,43)
Ausente	Presente	22,4 $\pm$ 3,0 (0,18)	17,64 $\pm$ 5,07 (0,14)	112,0 $\pm$ 59,9 (0,90)	18,0 $\pm$ 7,5	39,7 $\pm$ 14,4 (0,32)
Presente	Presente	23,6 $\pm$ 1,4 (0,19)	17,55 $\pm$ 8,05 (0,14)	135,3 $\pm$ 22,9 (1,08)	15,3 $\pm$ 6,9	51,5 $\pm$ 19,7 (0,41)
<i>Médias agrupadas pelo fator aeração noturna</i>						
Ausente		21,1 $\pm$ 2,4 (0,17)	17,64 $\pm$ 5,07 (0,14)	131,6 $\pm$ 61,0 (1,05)	DI	39,8 $\pm$ 10,1 (0,32)
Presente		23,3 $\pm$ 0,9 (0,19)	17,55 $\pm$ 8,05 (0,14)	120,9 $\pm$ 25,7 (0,97)	DI	52,9 $\pm$ 15,5 (0,42)
<i>Médias agrupadas pelo fator substrato</i>						
Ausente		21,4 $\pm$ 18 (0,17)	-	128,8 $\pm$ 51,2 (1,03)	DI	47,1 $\pm$ 12,7 (0,38)
Presente		23,0 $\pm$ 2,2 (0,18)	17,60 $\pm$ 6,02 (0,14)	123,7 $\pm$ 42,5 (0,99)	DI	45,6 $\pm$ 16,7 (0,36)
<i>ANOVA</i>						
Aeração noturna		NS	NS	NS	NS	NS
Substrato		NS	-	NS	*	NS
Interação		NS	NS	NS	*	NS

Médias seguidas por letra diferente na mesma coluna diferem significativamente.

\*: significativo ( $P < 0,05$ ); NS: não significativo ( $P > 0,05$ ); DI: desdobramento da interação (Tabela 5)

**Tabela 5.** Desdobramento da interação entre os fatores aerador e substrato para nitrogênio total ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) do efluente da despesca.

<b>Substrato</b>	<b>Aeração noturna</b>	
	<b>Ausente</b>	<b>Presente</b>
<b>artificial</b>		
<b>Ausente</b>	$23,9 \pm 5,4^{\text{Ab}}$	$43,8 \pm 10,1^{\text{Aa}}$
<b>Presente</b>	$18,0 \pm 7,5^{\text{Aa}}$	$15,3 \pm 6,9^{\text{Ba}}$

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre si na mesma coluna e seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si na mesma linha, ao nível de 5% de probabilidade.

No balanço, a entrada variou de  $287,5 \pm 15,7$  a  $315,1 \pm 16,9 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  e foi significativamente maior na presença da aeração noturna (Tabela 6). A saída de nitrogênio variou de  $209,8 \pm 42,3$  a  $243,2 \pm 15,8 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  e o nitrogênio não computado (entrada – saída) variou de  $54,0 \pm 54,6$  a  $87,5 \pm 13,6 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Para ambos não foram encontradas diferenças significativas entre os tratamentos (Tabela 6).

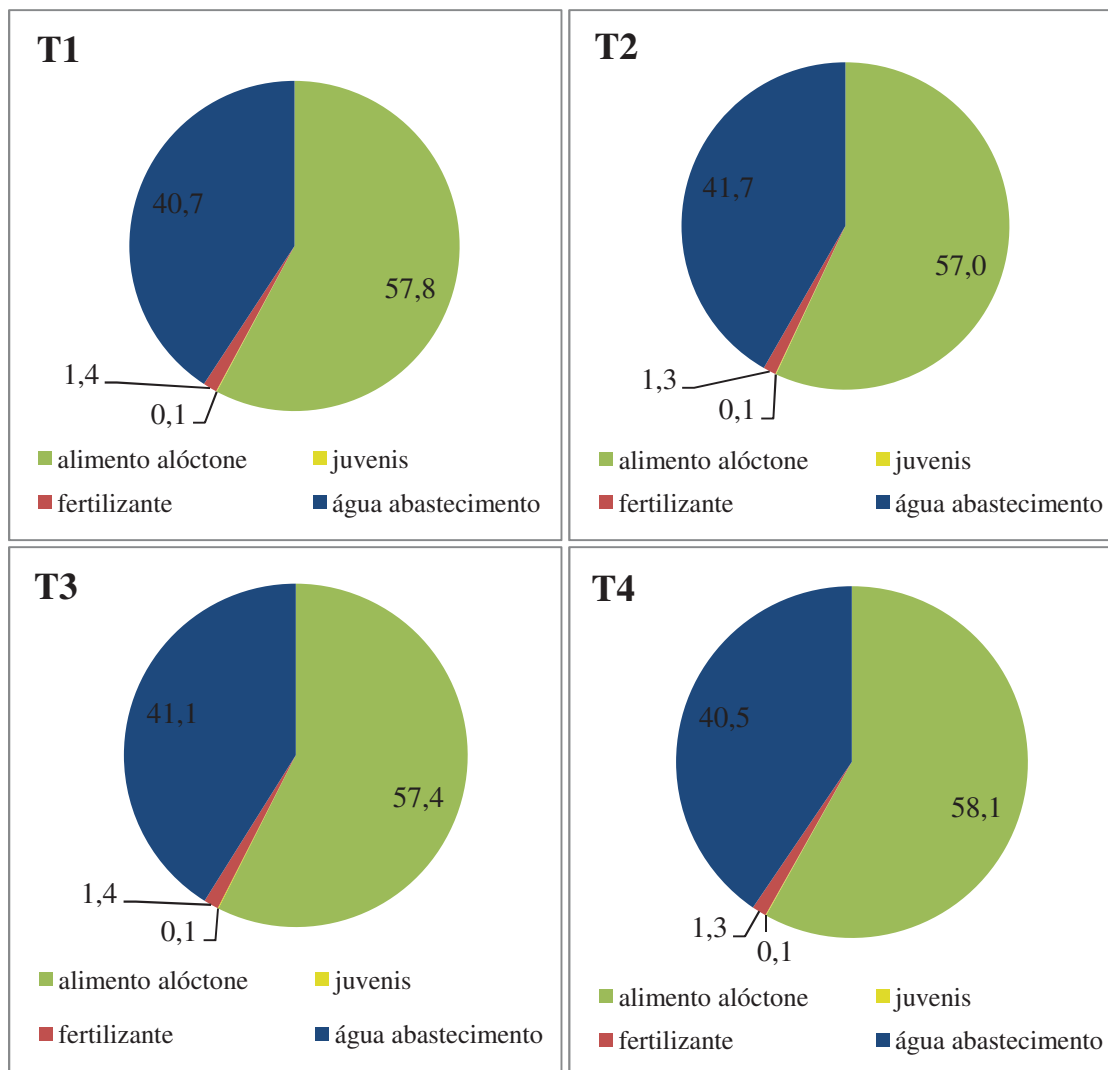
**Tabela 6.** Médias  $\pm$  desvios padrão e análise de variância do balanço de nitrogênio ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) no cultivo de *Macrobrachium amazonicum* nos tratamentos. Entre parênteses estão representadas as cargas diárias de nitrogênio ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$ ).

<b>Aeração noturna</b>	<b>Substrato artificial</b>	<b>Entrada de Nitrogênio</b>	<b>Saída de Nitrogênio</b>	<b>Entrada – Saída (Não Computado)</b>
<i>Tratamentos</i>				
Ausente	Ausente	288,8 $\pm$ 13,1 (2,31)	234,9 $\pm$ 64,7 (1,88)	54,0 $\pm$ 54,6
Presente	Ausente	315,1 $\pm$ 16,9 (2,52)	227,6 $\pm$ 3,4 (1,82)	87,5 $\pm$ 13,6
Ausente	Presente	287,5 $\pm$ 15,7 (2,30)	209,8 $\pm$ 42,3 (1,68)	77,7 $\pm$ 46,3
Presente	Presente	304,0 $\pm$ 5,7 (2,43)	243,2 $\pm$ 15,8 (1,95)	60,7 $\pm$ 11,6
<i>Médias agrupadas pelo fator aeração noturna</i>				
Ausente		288,2 $\pm$ 12,9 <sup>B</sup> (2,31)	222,3 $\pm$ 50,8 (1,78)	65,8 $\pm$ 47,1
Presente		309,5 $\pm$ 12,8 <sup>A</sup> (2,48)	235,4 $\pm$ 13,3 (1,88)	74,1 $\pm$ 18,5
<i>Médias agrupadas pelo fator substrato artificial</i>				
Ausente		302,0 $\pm$ 19,8 (2,42)	231,3 $\pm$ 33,9 (1,85)	70,7 $\pm$ 40,1
Presente		295,8 $\pm$ 13,9 (2,37)	226,5 $\pm$ 41,1 (1,81)	69,2 $\pm$ 31,6
<i>ANOVA</i>				
Aeração noturna		*	NS	NS
Substrato		NS	NS	NS
Interação		NS	NS	NS

Médias seguidas por letra diferente na mesma coluna diferem significativamente.

\*: significativo ( $P < 0,05$ ); NS: não significativo ( $P > 0,05$ ).

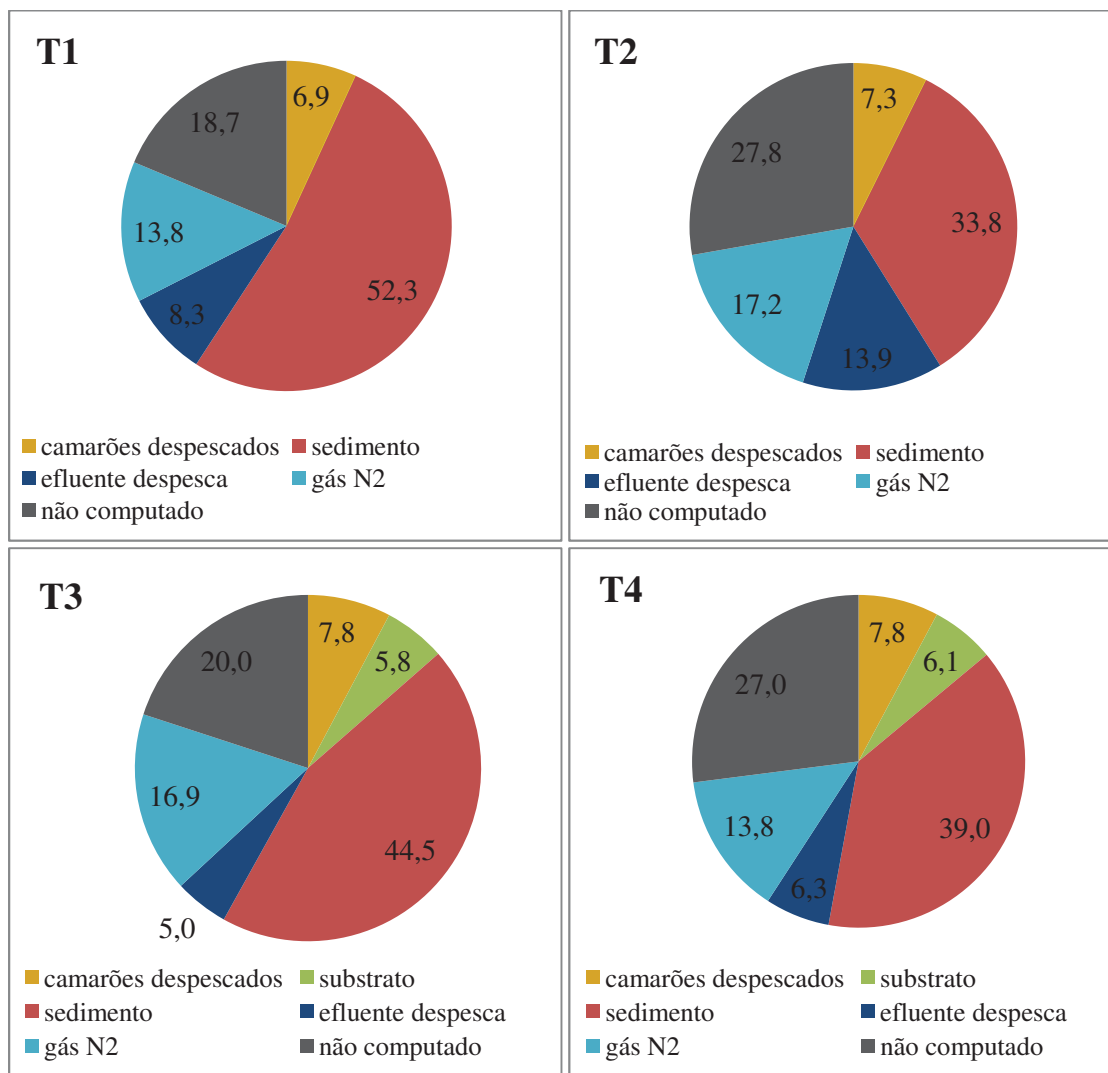
Quanto à porcentagem de participação de cada compartimento na entrada de nitrogênio, podemos observar que mais de 55% do nitrogênio que entra no cultivo foi devido ao alimento alóctone (Figura 6). A água de abastecimento também teve uma importante participação, em torno de 40%, em todos os tratamentos. O fertilizante e os juvenis foram os compartimentos que tiveram a menor participação, em torno de 1,5 e 0,1%, respectivamente. De uma maneira geral, os tratamentos não apresentaram diferenças quanto à porcentagem de participação na entrada de nitrogênio de cada compartimento (Figura 6).



**Figura 6.** Participação dos diferentes compartimentos na entrada de nitrogênio total no cultivo de *Macrobrachium amazonicum*, nos diferentes tratamentos. T1: cultivo sem aeração noturna e sem substrato; T2: cultivo com aeração noturna e sem substrato artificial; T3: cultivo sem aeração noturna e com substrato artificial; T4: cultivo com aeração noturna e com substrato artificial.

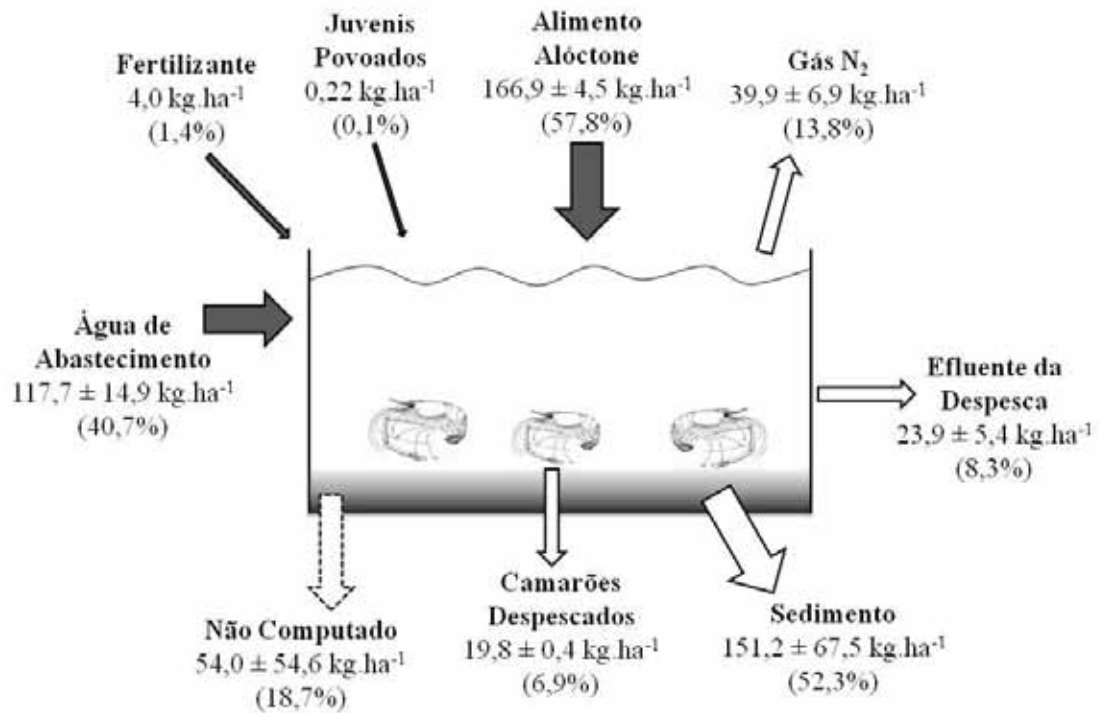
Quanto à saída de nitrogênio, o compartimento que teve a maior porcentagem de participação foi o sedimento. Sendo que o maior valor (52,3%) foi encontrado quando os dois fatores estavam ausentes (Figura 7). Os camarões despescados representaram cerca de 7,5% da saída de nitrogênio. O efluente de despesca apresentou uma maior participação no tratamento com aeração noturna em relação aos demais tratamentos, chegando a 13,9% (Figura 7). A matéria aderida ao substrato apresentou uma

participação de 5,8 a 6,1%, nos tratamentos onde o substrato estava presente. A participação do nitrogênio não computado variou de 18,7 a 27,8%, sendo observado maiores valores na presença da aeração noturna (Figura 7).

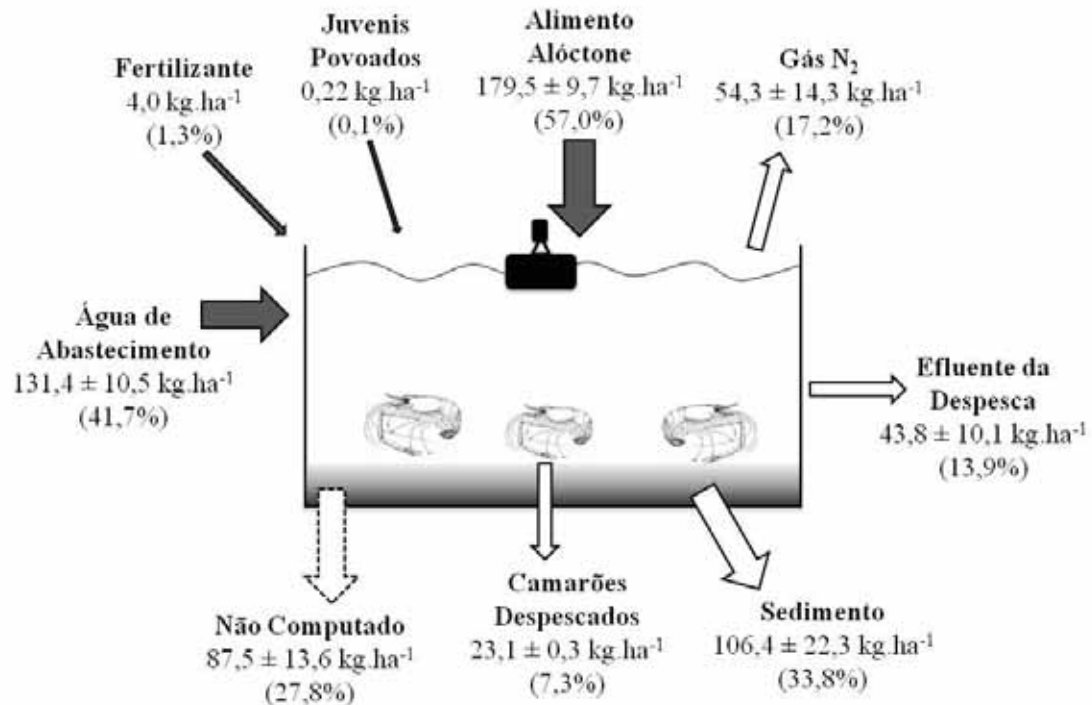


**Figura 7.** Participação dos diferentes compartimentos na saída de nitrogênio total no cultivo de *Macrobrachium amazonicum*, nos diferentes tratamentos. T1: cultivo sem aeração noturna e sem substrato; T2: cultivo com aeração noturna e sem substrato artificial; T3: cultivo sem aeração noturna e com substrato artificial; T4: cultivo com aeração noturna e com substrato artificial.

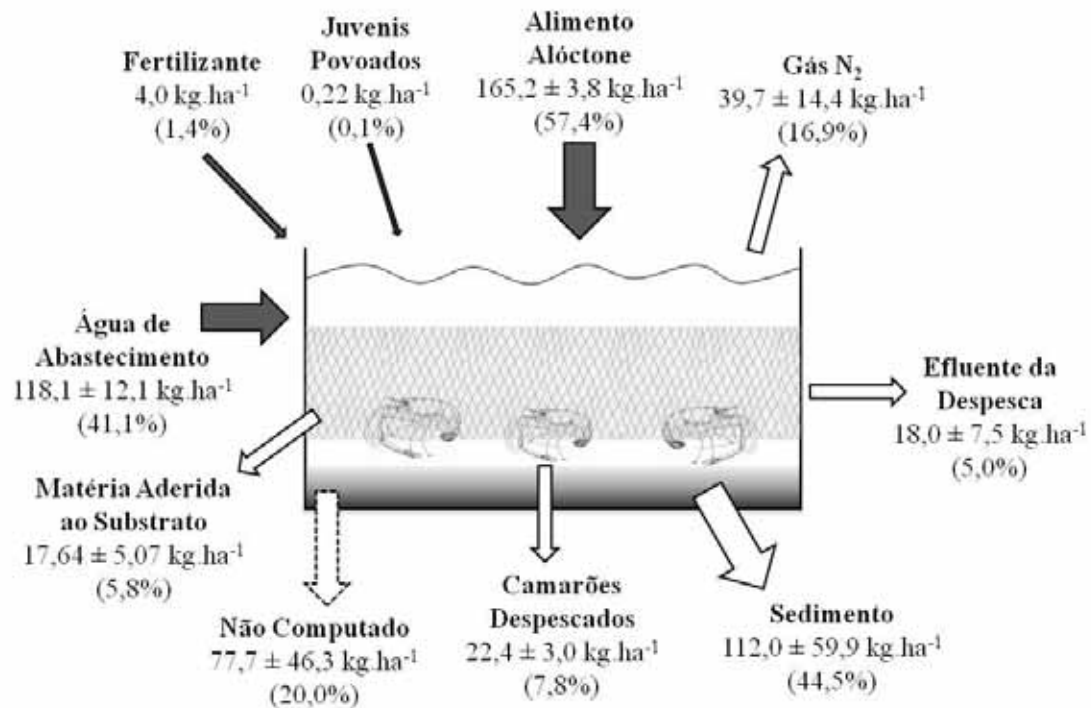
As figuras de 8 a 11 apresentam de forma esquematizada todas as entradas e saídas de nitrogênio registradas durante o presente estudo.



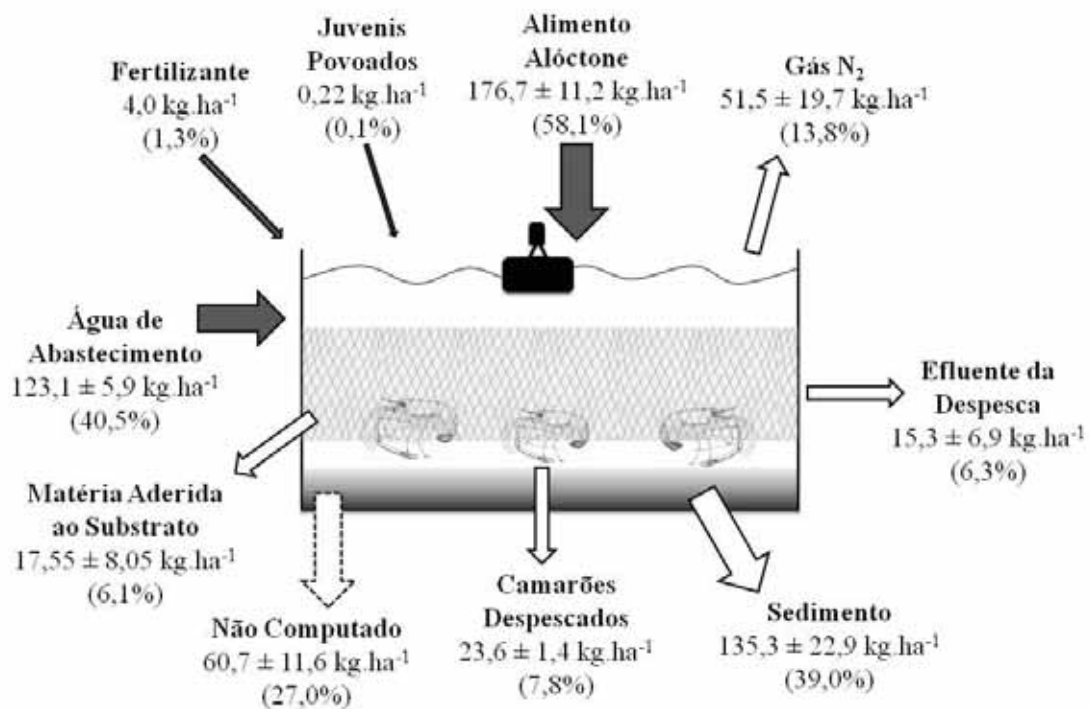
**Figura 8.** Esquema ilustrando todas as entradas e saídas de nitrogênio durante o cultivo, em kg.ha<sup>-1</sup> e porcentagem de contribuição, no tratamento sem aeração noturna e sem substrato.



**Figura 9.** Esquema ilustrando todas as entradas e saídas de nitrogênio durante o cultivo no tratamento com aeração noturna.



**Figura 10.** Esquema ilustrando todas as entradas e saídas de nitrogênio durante o cultivo, em kg.ha<sup>-1</sup> e porcentagem de contribuição, no tratamento com substrato.



**Figura 11.** Esquema ilustrando todas as entradas e saídas de nitrogênio durante o cultivo no tratamento com aerção noturna e com substrato.

A carga inicial de nitrogênio na coluna d'água não diferiu entre os tratamentos e variou de  $3,98 \pm 0,98$  a  $5,68 \pm 1,44$  kg.ha<sup>-1</sup> (Tabela 7). No final do cultivo, este valor variou de  $6,37 \pm 2,73$  a  $37,64 \pm 4,91$  kg.ha<sup>-1</sup> e apresentou uma interação significativa entre os fatores. O mesmo foi observado para o acúmulo de nitrogênio na coluna d'água (final – inicial), que variou de  $2,39 \pm 1,76$  a  $32,02 \pm 4,63$  kg.ha<sup>-1</sup> (Tabela 7). Após o desdobramento da interação, tanto o nitrogênio final quanto o nitrogênio acumulado, apresentaram diferenças significativas na ausência e presença da aeração noturna (Tabelas 8 e 9). Porém, quanto ao substrato, as diferenças só foram observadas quando este estava ausente. Os maiores valores foram encontrados quando a aeração noturna foi utilizada e os menores, quando o substrato estava presente (Tabelas 8 e 9).

**Tabela 7.** Médias  $\pm$  desvios padrão e análise de variância do nitrogênio total ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) acumulado na coluna d'água no cultivo de *Macrobrachium amazonicum* nos tratamentos.

<b>Aeração noturna</b>	<b>Substrato artificial</b>	<b>Nitrogênio Total Inicial</b>	<b>Nitrogênio Total Final</b>	<b>Nitrogênio Total Acumulado (Final – Inicial)</b>
<i>Tratamentos</i>				
Ausente	Ausente	4,90 $\pm$ 1,85	14,68 $\pm$ 4,94	9,78 $\pm$ 3,21
Presente	Ausente	5,62 $\pm$ 0,72	37,64 $\pm$ 4,91	32,02 $\pm$ 4,63
Ausente	Presente	3,98 $\pm$ 0,98	6,37 $\pm$ 2,73	2,39 $\pm$ 1,76
Presente	Presente	5,68 $\pm$ 1,44	9,69 $\pm$ 1,81	4,01 $\pm$ 2,73
<i>Médias agrupadas pelo fator aeração noturna</i>				
Ausente		4,44 $\pm$ 1,42	DI	DI
Presente		5,65 $\pm$ 1,02	DI	DI
<i>Médias agrupadas pelo fator substrato artificial</i>				
Ausente		5,26 $\pm$ 1,32	DI	DI
Presente		4,83 $\pm$ 1,44	DI	DI
<i>ANOVA</i>				
Aeração noturna		NS	*	*
Substrato		NS	*	*
Interação		NS	*	*

Médias seguidas por letra diferente na mesma coluna diferem significativamente.

\*: significativo ( $P < 0,05$ ); NS: não significativo ( $P > 0,05$ ); DI: Desdobramento da interação (Tabelas 8 e 9)

**Tabela 8.** Desdobramento da interação entre os fatores aerador e substrato para a concentração de nitrogênio total ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ) na coluna d'água ao final do cultivo de *Macrobrachium amazonicum*.

<b>Substrato artificial</b>	<b>Aeração noturna</b>	
	<b>Ausente</b>	<b>Presente</b>
<b>Ausente</b>	14,68 $\pm$ 4,94 <sup>Ab</sup>	37,64 $\pm$ 4,91 <sup>Aa</sup>
<b>Presente</b>	6,37 $\pm$ 2,73 <sup>Ba</sup>	9,69 $\pm$ 1,81 <sup>Ba</sup>

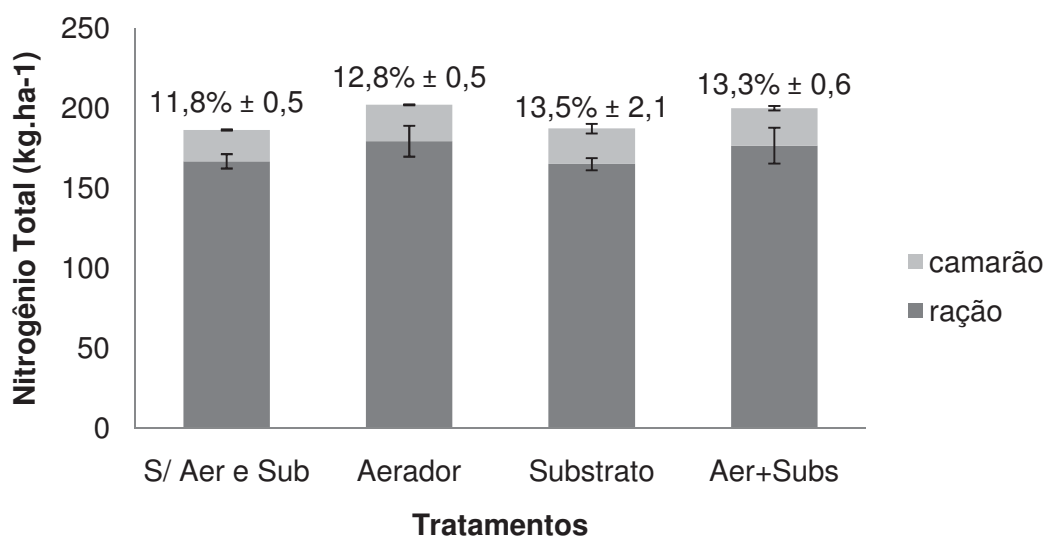
Médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre si na mesma coluna e seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si na mesma linha, ao nível de 5% de probabilidade.

**Tabela 9.** Desdobramento da interação entre os fatores aerador e substrato para o nitrogênio total ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) acumulado (final – inicial) na coluna d'água durante o cultivo de *Macrobrachium amazonicum*.

Substrato artificial	Aeração noturna	
	Ausente	Presente
Ausente	$9,78 \pm 3,21^{\text{Ab}}$	$32,02 \pm 4,63^{\text{Aa}}$
Presente	$2,39 \pm 1,76^{\text{Ba}}$	$4,01 \pm 2,73^{\text{Ba}}$

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre si na mesma coluna e seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si na mesma linha, ao nível de 5% de probabilidade.

Na figura 12 encontram-se a quantidade de nitrogênio fornecida pelo alimento alóctone e a que foi incorporada nos camarões, além da porcentagem de aproveitamento desse nitrogênio pelos camarões. Os tratamentos não apresentaram diferenças significativas no aproveitamento do nitrogênio pelos camarões e este variou entre  $11,8 \pm 0,5$  e  $13,5 \pm 2,1\%$ .



**Figura 12.** Quantidade de nitrogênio total presente no alimento alóctone e nos camarões despesados e porcentagem de incorporação do nitrogênio nos camarões.

#### 4. DISCUSSÃO

As variáveis físicas e químicas da água, monitoradas durante o experimento, estiveram dentro da faixa considerada ideal para o cultivo de camarões de água doce, de acordo com o recomendado para *Macrobrachium rosenbergii* (Zimmermann, 1998). O oxigênio dissolvido foi significativamente maior quando a aeração noturna estava presente. Isto ocorreu conforme o esperado, já que o principal motivo para a utilização de aeradores é o aumento na concentração de oxigênio dissolvido. Provavelmente, a diferença observada seria ainda maior se a aeração no período diurno não tivesse sido utilizada em todos os tratamentos.

Na entrada de nitrogênio o alimento alóctone foi o que apresentou maiores cargas, variando de  $165,2 \pm 3,8$  a  $179,5 \pm 9,7$  kg.ha<sup>-1</sup> e chegando a uma participação de mais de 55%. Outros trabalhos também descreveram o alimento alóctone como sendo o maior responsável pela entrada de nitrogênio. Gross *et al.* (2000) encontraram uma contribuição de 87,89% do alimento alóctone no total de nitrogênio inserido no cultivo de *Ictalurus punctatus* em viveiros. No cultivo de *Litopenaeus vannamei*, Casillas-Hernández *et al.* (2006) encontraram uma participação de 71,8% do alimento alóctone quando este era fornecido a lanço e 75,5% quando fornecido em bandejas. Para o cultivo de *Penaeus latisulcatus*, a contribuição do alimento alóctone variou de 79,80 a 85,55%, dependendo da densidade utilizada (Khoi & Fotedar, 2010). O alto valor protéico das dietas comerciais e o grande fornecimento desse alimento alóctone são os principais responsáveis por essa alta entrada de nitrogênio pelo alimento alóctone. No presente experimento a dieta possuía 35% de proteína bruta e foi fornecida a uma taxa variando de 9 a 5% da biomassa, sendo fornecido, em média, um total de 4759 kg.ha<sup>-1</sup> no cultivo. Além disso, a entrada de nitrogênio pelo alimento alóctone foi significativamente maior nos tratamentos em que a aeração noturna estava presente. Yi

& Lin (2001) demonstraram que a utilização de aeração no cultivo de *Oreochromis niloticus* aumentou o peso médio dos animais de  $261 \pm 10.0$  g para  $403 \pm 22.2$  g. Ainda, segundo Boyd & Zimmermann (2010), com a utilização de aerador e renovação de água no cultivo de camarão de água doce, tanto a produção quanto a taxa de arraçoamento podem aumentar. Portanto, o aerador pode ter favorecido o crescimento dos animais no presente estudo, que por sua vez provocou um aumento no fornecimento de alimento nesses tratamentos.

A água de abastecimento foi a segunda maior responsável pelo total de nitrogênio que entrou no cultivo, chegando a ter uma participação de 41,7%. Mesmo sendo um cultivo sem circulação de água, pode-se observar uma alta contribuição da água de abastecimento na entrada de nitrogênio. Em cultivos de outras espécies foi observada uma menor participação da água de abastecimento, porém a maioria foi cultivada em tanques, onde a taxa de evaporação é menor e a de infiltração praticamente não existe. Thakur & Lin (2003), encontraram uma contribuição máxima de 8,8% no cultivo de *Penaeus monodon* em tanques de concreto sem circulação de água. No cultivo de *P. latisulcatus* em tanques com recirculação de água, a participação da água de entrada foi de no máximo 2,03% (Khoi & Fotedar, 2010). Em viveiros, Gross *et al.* (2000) encontraram uma contribuição de 6,56% da água de abastecimento no cultivo sem renovação de água de *I. punctatus*. No cultivo de *L. vannamei*, em viveiros com renovação de água, foi encontrado uma participação máxima de 14,2% da água de entrada (Casillas-Hernández *et al.*, 2006).

A elevada contribuição da água de abastecimento no presente estudo se deve provavelmente às características químicas dessa água. A água utilizada era proveniente de duas represas localizadas a montante do Setor de Carcinicultura, sendo a primeira classificada como mesotrófica, e a segunda, que recebe efluentes dos setores de

piscicultura e ranicultura, classificada como hipereutrófica (Pistori, 2005). Portanto, esta água possuía altas concentrações de compostos nitrogenados. Além disso, foi quantificada uma elevada perda de água por infiltração e evaporação no presente estudo. Enquanto Gross *et al.* (2000) registraram uma perda de água de aproximadamente 16% do volume total dos viveiros por mês, no presente trabalho a perda foi de aproximadamente 12% ao dia. Kimpara *et al.* (2010), em experimento realizado nos mesmos viveiros que o presente estudo também encontraram a mesma taxa de perda de água diária. Portanto, a alta concentração de compostos nitrogenados na água de abastecimento, aliada ao grande volume de água perdida por infiltração e evaporação, contribuíram para a elevada participação da água de abastecimento na entrada de nitrogênio no presente estudo. Ainda, essa elevada participação da água de abastecimento parece ter favorecido uma redução da participação da dieta balanceada, já que em outros trabalhos geralmente ultrapassa os 70%.

O nitrogênio incorporado nos camarões despescados não apresentou diferenças significativas entre a presença ou ausência da aeração noturna e do substrato. Estes apresentaram em torno de 7,5% de todo o nitrogênio inserido no cultivo pelo alimento alóctone, pela água de abastecimento e fertilização. Em outros cultivos de crustáceos têm-se um acúmulo de 9,34 a 20,13%, como no cultivo de *P. latisulcatus* (Khoi e Fotedar, 2010) e de 22,8 a 30,7% no cultivo de *P. monodon* (Thakur & Lin, 2003). Quando considerado a proporção em relação ao nitrogênio retirado do sistema, o acúmulo foi de 27,2 a 28,3% no cultivo de *L. vannamei* (Casillas-Hernández *et al.*, 2006). Portanto, o *M. amazonicum* apresentou uma incorporação abaixo do esperado. A grande participação da água de abastecimento na entrada de nitrogênio no presente estudo pode ter influenciado, visto que o camarão não tem como aproveitar diretamente o nitrogênio dissolvido na água.

Quando considerado apenas o nitrogênio inserido no sistema pelo alimento alóctone, a incorporação nos camarões do presente estudo variou de 11,8 a 13,5%. De acordo com Briggs & Funge-Smith (1994), no cultivo de camarões marinhos em viveiros a incorporação pelos camarões do total de nutrientes inseridos no sistema pode variar de 6 a 21%. A ausência de uma dieta balanceada para a espécie, ou mesmo para outras espécies de camarões de água doce, provavelmente foi o principal fator para o baixo aproveitamento do nitrogênio contido na dieta no presente estudo, já que a dieta utilizada era própria para camarões marinhos. Algumas necessidades nutricionais dos camarões de água doce diferem daquelas de outras espécies de crustáceos, devido aos seus hábitos alimentares onívoros e do fato de que a maioria de seu tempo de vida é gasto em água doce (D'Abramo, 1998 *apud* D'Abramo & New, 2010). Há uma considerável quantidade de trabalhos sobre a nutrição de *M. rosenbergii*, porém, muito desse conhecimento ainda precisa ser aplicado no desenvolvimento de rações comerciais voltadas para o cultivo em viveiros (D'Abramo & New, 2010). Quanto à alimentação de *M. amazonicum* há algumas informações sobre seu hábito alimentar em ambiente natural e sua alimentação durante a fase larval (Maciel & Valenti, 2009), porém não há praticamente nenhuma informação sobre suas necessidades nutricionais em condições de cultivo durante a fase de crescimento final. Provavelmente, com a utilização de uma dieta balanceada própria para a espécie o aproveitamento do nitrogênio pelos camarões seria maior.

A matéria aderida ao substrato não sofreu efeito significativo do fator aeração noturna. Para este parâmetro foram encontradas cargas de 17,55 e 17,64 kg.ha<sup>-1</sup>, o que representou em torno de 6% de todo o nitrogênio inserido no cultivo. O perifiton é formado principalmente por algas, que podem ser de diversos gêneros (Moschini-Carlos, 1999; Azim & Asaeda, 2005). Segundo Reynolds (1984), o consumo de

nitrogênio pelo fitoplâncton pode chegar a  $14 \mu\text{g.L}^{-1}$  e várias fontes de nitrogênio são potencialmente disponíveis às algas, como nitrato, nitrito, íons amônia e compostos orgânicos. Provavelmente, estas características de consumo das algas favoreceram o acúmulo de nitrogênio no substrato. De fato vários trabalhos apontam que o perifiton tem influência nos processos de nitrificação e absorção de nitrogênio em viveiros de aquicultura (van Dam *et al.*, 2002; Azim *et al.*, 2003; Milstein *et al.*, 2003, 2009), sendo sua utilização indicada para seqüestro de nitrogênio durante o cultivo (Crab *et al.*, 2007). Além disso, grande parte do material particulado suspenso na água parece se aderir ao substrato, colaborando ainda mais para o acúmulo de nitrogênio junto ao perifiton.

Somando-se o nitrogênio contido nos camarões despescados ao da matéria aderida ao substrato temos que cerca de 13,5% do nitrogênio inserido no cultivo se acumulou nesses compartimentos. Este valor corresponde a quase o dobro do acumulado apenas nos camarões despescados. Portanto, a formação de perifiton proporcionou o acúmulo de nitrogênio, gerando a possibilidade de uso dessa carga de nutriente que seria perdida. Isso demonstra que cultivo em sistemas multitróficos podem ser mais eficientes na incorporação de nutrientes. O conceito de aquicultura integrada multitrófica refere-se à incorporação de espécies de diferentes posições tróficas ou níveis nutricionais no mesmo sistema (Chopin & Robinson, 2004 *apud* FAO, 2010). Segundo Valenti (2008), a inclusão de uma nova espécie no cultivo, que aproveite os resíduos alimentares da espécie alvo, pode levar a uma dramática redução na conversão alimentar. Como o alimento alóctone é o principal componente da entrada de nitrogênio, o cultivo em sistemas integrados multitróficos pode favorecer a utilização racional do nitrogênio inserido no cultivo.

O maior acúmulo de nitrogênio observado foi no sedimento, chegando a 151,2 kg.ha<sup>-1</sup> e nenhuma diferença estatística foi observada entre a presença ou ausência da aeração noturna e do substrato. O nitrogênio é acumulado no sedimento dos viveiros na forma de nitrogênio orgânico e NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (Gross *et al.*, 2000) e, segundo Jiménez-Montealegre *et al.* (2005), as principais fontes são o alimento não consumido, as fezes e o plâncton morto. Assim, o hábito bentônico da espécie cultivada e a utilização de dieta peletizada podem ter favorecido o acúmulo de nitrogênio no sedimento do presente estudo, já que as fezes e os restos de alimentos são depositados diretamente no fundo do viveiro. Além disso, o fato de não ter sido utilizado renovação de água aumenta o período de residência da água. De acordo com Saunders & Kalff (2001), quanto maior o período de residência da água, maior será a taxa de sedimentação.

O grande acúmulo de nitrogênio encontrado no sedimento sugere que este seja um compartimento rico em nutrientes. Kimpara *et al.* (2010) encontraram em cultivo de *M. amazonicum*, com duração de 3,5 meses, um acúmulo de sedimento de até 16.5 ± 8.1 mm, com mais de 80% de matéria orgânica. De acordo com Droppo *et al.* (2007), resíduos oriundos da sedimentação no cultivo em gaiolas de *Oncorhynchus mykiss* também possuem um alto teor de matéria orgânica (52%). Para o cultivo de *P. monodon*, Islam *et al.* (2004) encontraram concentrações no sedimento variando de 120 a 170 mg.100g<sup>-1</sup> para nitrogênio e 310 a 380 mg.100g<sup>-1</sup> para fósforo. Portanto, o sedimento oriundo da aquicultura, além de rico em nitrogênio, também possui uma alta concentração de matéria orgânica e fósforo. Com isso, podemos considerar sua reutilização em outros setores de produção, como por exemplo, na adubação de culturas agrícolas.

O nitrogênio eliminado pelo efluente da despesca é representado pelo nitrogênio acumulado na coluna d'água, durante o cultivo, somado ao nitrogênio ressuspensionado do

sedimento durante a despesca. No presente estudo a saída de nitrogênio pelo efluente da despesca sofreu efeito significativo da aeração noturna e da interação entre os dois fatores, sendo o maior valor encontrado quando a aeração noturna foi utilizada. A ressuspensão da matéria sedimentada, causada pela aeração noturna, pode ter favorecido o acúmulo de nitrogênio na coluna d'água. Porém, a presença do substrato parece diminuir o efeito do aerador sobre a ressuspensão da matéria sedimentada, provavelmente por inibir a movimentação da água, ocasionada pelos aeradores. Portanto, a ressuspensão da matéria sedimentada pelo aerador, e conseqüente incorporação na coluna d'água, só foi percebida quando o substrato não estava presente.

Além disso, o nitrogênio liberado no efluente da despesca representou, no máximo, 13,9% do total de nitrogênio liberado no cultivo. Em um cultivo de *P. monodon*, com trocas parciais periódicas da água, o efluente apresentou 57% do nitrogênio liberado (Jakson *et al.*, 2003). Esses dados demonstram que o cultivo, quando realizado sem trocas de água, pode provocar um menor impacto nos corpos receptores de água, devido a uma menor descarga de nutrientes pelos efluentes.

A perda de nitrogênio pelos corpos d'água ocorre principalmente devido ao processo de desnitrificação, que é a redução do nitrato, via nitrito, às formas gasosas  $N_2$  e  $N_2O$  (García-Ruiz *et al.*, 1998). Como este é um processo inibido pelo oxigênio, a reação ocorre principalmente perto da superfície do sedimento, possivelmente em microzonas reduzidas na camada superficial do sedimento (Hargreaves, 1998). Pelo menos 14 gêneros de bactérias podem realizar a redução do nitrato, sendo *Pseudomonas*, *Bacillus* e *Alcaligines* os principais (Focht & Verstraete, 1977 *apud* Hargreaves, 1998). Ainda, segundo Hargreaves (1998) a taxa de desnitrificação depende da temperatura, das concentrações de nitrato, oxigênio e carbono orgânico e da densidade de bactérias desnitrificantes. No presente estudo, a liberação de nitrogênio do

sedimento na forma gasosa ( $N_2$ ) não foi significativamente diferente entre a presença ou ausência dos fatores aeração noturna e substrato. Portanto, a utilização de aeração e/ou substrato, parece não afetar os processos microbiológicos que ocorrem no sedimento.

Para o balanço do nitrogênio, a entrada foi influenciada significativamente pela aeração noturna. Para a saída e para o balanço (entrada – saída) não foram encontradas diferenças significativas entre a presença ou ausência da aeração noturna e do substrato. Como na entrada de nitrogênio o alimento alóctone foi o único parâmetro que apresentou diferença entre os tratamentos, pode-se concluir que este parâmetro também foi o principal responsável pela diferença encontrada no total de nitrogênio que entrou no sistema. Além dos compartimentos estudados, o nitrogênio que entra no sistema pelas chuvas e fixação pelas cianobactérias pode ter favorecido a entrada deste nutriente nos viveiros durante o cultivo.

O nitrogênio resultante do balanço (entrada – saída) foi considerado como o nitrogênio que saiu do sistema, mas não foi computado pelas análises realizadas. Este foi em torno de 23% do total de nitrogênio retirado do sistema. Em cultivo de *P. latisulcatus*, Khoi & Fotedar (2010) encontraram uma menor porcentagem de nitrogênio não computado, variando de 6,23 a 18,09% dependendo da densidade de estocagem. Porém o estudo foi realizado em tanques, o que elimina grande parte dos fatores externos que podem influenciar os viveiros de cultivo. Em cultivo de *L. vannamei*, também realizado em tanques, até 13,4% da saída de nitrogênio não foi computada (Audelo-Naranjo *et al.*, 2010). Alguns fenômenos que não foram analisados no presente estudo podem explicar este nitrogênio não computado. Por exemplo, a água que infiltra dos viveiros pode carrear compostos nitrogenados (Gross *et al.*, 2000); a transformação do nitrato, por bactérias desnitrificantes, em  $N_2$  e  $N_2O$ , que se difundem para a atmosfera (Hargreaves, 1998; Boyd & Tucker, 1998 *apud* Gross *et al.*, 2000) e a

volatilização da amônia (NH<sub>3</sub>) que ocorre na superfície dos viveiros (Gross *et al.*, 1999). Outros fatores podem ter contribuído para este nitrogênio não computado, como a migração de insetos aquáticos e outros animais, que podem entrar no sistema, consumir os nutrientes e sair do sistema, além da predação dos camarões, principalmente por aves.

O acúmulo e a concentração final de nitrogênio na coluna d'água foram influenciados sinergicamente pela aeração noturna e o substrato artificial. Como a concentração inicial não diferiu, a diferença encontrada no acúmulo foi reflexo das concentrações encontradas ao final do cultivo. A interação entre os fatores mostrou que o acúmulo foi maior quando a aeração noturna estava presente e o substrato ausente. O menor valor encontrado foi na ausência da aeração noturna e presença do substrato. A ressuspensão de partículas sedimentadas pela aeração noturna favoreceu um maior acúmulo do nitrogênio na coluna d'água. No entanto, a presença do substrato inibiu a ressuspensão da matéria sedimentada causada pela aeração, fazendo com que o acúmulo de nitrogênio na coluna d'água fosse menor. Além disso, em todos os tratamentos a carga de nitrogênio liberada no efluente da despesca foi maior do que o nitrogênio acumulado na coluna d'água ao final do cultivo. Isto comprova que as práticas utilizadas durante a despesca contribuem para um maior descarte de nutrientes pelos efluentes, devido, principalmente, à ressuspensão de partículas pelo uso de redes de arrasto. Provavelmente a substituição das redes por monges e/ou caixas de coleta que permitam a coleta dos animais sem a necessidade das redes de arrasto, ou a interrupção da saída de água durante a utilização dessas redes possam gerar efluentes menos impactantes.

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O principal responsável pela entrada de nitrogênio no cultivo é o alimento alóctone, enquanto que o sedimento foi o compartimento que mais acumulou nitrogênio ao longo do cultivo. No máximo 13,5% do nitrogênio inserido no cultivo pelo alimento alóctone foi incorporado pelos camarões, indicando a necessidade de estudos para uma melhora nessa incorporação. O uso de aeração noturna favoreceu o acúmulo de nitrogênio na coluna d'água e conseqüentemente no efluente da despesca. O uso de substratos artificiais para o desenvolvimento de perifiton pode melhorar a incorporação do nitrogênio inserido durante o cultivo, além de diminuir o acúmulo de nitrogênio nos efluentes, proporcionado pelo aerador.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APHA – AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. 2005. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. New York. 21st edition.

ARAUJO, M. C.; VALENTI, W. C. 2002. Efeito da salinidade sobre as larvas do camarão *Macrobrachium amazonicum*. In: Simpósio Brasileiro de Aquicultura, 12., **Anais...**Goiânia: Associação Brasileira de Aquicultura. p.262.

ARAÚJO, M. C.; VALENTI, W. C. 2005. Manejo alimentar de pós-larvas do camarão-da-amazônia, *Macrobrachium amazonicum*, em berçário I. **Acta Scientiarum, Animal Sciences**, Maringá, v. 27, n. 1, p. 67-72.

AUDELO-NARANJO, J. M.; MARTINEZ-CORDOVA, L. R.; VOLTOLINA, D. 2010. Nitrogen budget in intensive cultures of *Litopenaeus vannamei* in mesocosms, with zero water exchange and artificial substrates. **Revista de Biologia Marina y Oceanografia**, v. 45, n. 3, p. 519-524.

AZIM, M. E.; MILSTEIN, A.; WAHAB, M. A.; VERDEGEM, M. C. J. 2003. Periphyton-water quality relationships in fertilized fishponds with artificial substrates. **Aquaculture**, v. 228, p. 169–187.

AZIM, M. E.; ASAEDA, T. 2005. Periphyton structure, diversity and colonization. In: AZIM, M. E.; VERDEGEM, M. C. J.; VAN DAM, A.A., BEVERIDGE, M. C.

M. (Eds.). **Periphyton — Ecology, Exploitation and Management**. Wallingford: CABI Publishing, p. 15–33.

BOYD, C. E.; TUCKER, C. S. 1998. **Pond Aquaculture Water Quality Management**. Kluwer Academic Publishers, Boston, Massachusetts, 700p.

BOYD, C. E.; ZIMMERMANN, S. 2010. Grow-out systems—water quality and soil management. In: NEW, M. B.; VALENTI, W. C.; TIDWELL, J. H.; D'ABRAMO, L. R.; KUTTY, M. N. (Eds.). **Freshwater Prawns; Biology and Farming**. Wiley-Blackwell, Oxford, p. 239–255.

BRIGGS, M. R. P.; FUNGE-SMITH, S. J. 1994. A nutrient budget of some intensive marine shrimp ponds in Thailand. **Aquaculture and Fisheries Management**, v. 25, p. 789-811.

CASILLAS-HERNÁNDEZ, R.; MAGALLÓN-BARAJAS, F.; PORTILLO-CLARCK, G.; PÁEZ-OSUNA, F. 2006. Nutrient mass balances in semi-intensive shrimp ponds from Sonora, Mexico using two feeding strategies: trays and mechanical dispersal. **Aquaculture**, v. 258, p. 289-298.

CHOPIN, T.; ROBINSON, S. 2004. Defining the appropriate regulatory and policy framework for the development of integrated multi-trophic aquaculture practices: introduction to the workshop and positioning of the issues. **Bulletin of the Aquaculture Association of Canada**, v. 104, n.3, p. 4–10.

- CRAB, R.; AVNIMELECH, Y.; DEFOIRDT, T.; BOSSIER, P.; VERSTRAETE, W. 2007. Nitrogen removal techniques in aquaculture for sustainable production. **Aquaculture**, v. 270, p. 1–14.
- D'ABRAMO, L. R. 1998. Nutritional requirements of the freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*: Comparisons with species of penaeid shrimp. **Reviews in Fisheries Science**, v. 6, p. 153–163.
- D'ABRAMO, L. R.; NEW, M. B. 2010. Nutrition, Feeds and Feeding. In: NEW, M. B.; VALENTI, W. C.; TIDWELL, J. H.; D'ABRAMO, L. R.; KUTTY, M. N. (Eds.). **Freshwater Prawns; Biology and Farming**. Wiley-Blackwell, Oxford, p. 218-238.
- DROPPO, I. G.; JASKOT, C.; NELSON, T.; MILNE, J.; CHARLTON, M. 2007. Aquaculture waste sediment stability: Implications for waste migration. **Water, Air, and Soil Pollution**, v. 183, p. 59–68.
- ELSER, J. J.; BRACKEN, M. E. S.; CLELAND, E. E.; GRUNER, D. S.; HARPOLE, W. S.; HILLEBRAND, H.; NGAI, J. T.; SEABLOOM, E. W.; SHURIN, J. B.; SMITH, J. E. 2007. Global analysis of nitrogen and phosphorus limitation of primary production in freshwater, marine and terrestrial ecosystems. **ecology Letters**, 10: 1135-1142.
- ESTEVEZ, F. de A. **Fundamentos de Limnologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998. 602 p.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. 2010. The ecosystem approach to aquaculture. **FAO Technical Guidelines for Responsible Fisheries**, n. 5, s. 4. Rome: FAO, p. 53.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. 2011. **FIGIS – Fisheries Statistics: Global Aquaculture Production: online query**. FAO, Roma (Disponível em: <http://www.fao.org>).

FOCHT, D. D., VERSTRAETE, W., 1977. Biochemical ecology of nitrification and denitrification. **Advances in Microbial Ecology**, n. 1, 135–211.

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

GARCIA-RUIZ, R., PATTINSON, S. N., WHITTON, B. A. 1998. Denitrification in river sediments: relationship between process rate and properties of water and sediment. **Freshwater Biology**, v. 39, p. 467–476.

GROSS, A., BOYD, C. E., WOOD, C. W., 1999. Ammonia volatilization from freshwater fish ponds. **Journal of Environmental Quality** 28, 793–797.

GROSS, A., BOYD, C. E., WOOD, C. W. 2000. Nitrogen transformations and balance in channel catfish ponds. **Aquacultural Engineering**, v.24, n. 1, p. 1-14.

- HARGREAVES, J. A., 1998. Nitrogen biochemistry of aquaculture ponds. **Aquaculture**, v. 166, p. 181–212.
- ISLAM, M. A.; SARKER, M. J.; YAMAMOTO, T.; WAHAB, M. A.; TANAKA, M. 2004. Water and sediment quality, partial mass budget and effluent N loading in coastal brackishwater shrimp farms in Bangladesh. **Marine Pollution Bulletin**, v. 48, p. 471–485.
- JACKSON, C.; PRESTON, N. P.; THOMPSON, P. A.; BURFORD, M. 2003. Nitrogen budget and effluent nitrogen components at an intensive shrimp farm. **Aquaculture**, v. 218, p. 397–411.
- JIMÉNEZ-MONTEALEGRE, R.; VERDEGEM, M. C. J.; VAN DAM, A. A.; VERRETH, J. A. 2005. Effect of organic nitrogen and carbon mineralization on sediment organic matter accumulation in fish ponds. **Aquaculture Research**, v. 36, p. 1001–1014.
- KARPLUS, I.; MALECHA, S.; SAGI, A. 2000. The biology and management of size variation In: NEW, M.B. & VALENTI, W.C. (ed.) **Freshwater Prawn Farming: The Farming of *Macrobrachium rosenbergii***. Oxford, Blackwell Science. p. 259-289.
- KEPPELER, E. C.; VALENTI, W. C. 2006. Effects of selective harvest of the amazon river prawn, *Macrobrachium amazonicum*, on pond water, sediment and effluent. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 18, n. 2, p. 109-119.

- KHOI, L. V.; FOTEDAR, R. 2010. Effects of stocking density on the nutrient budget and growth of the western king prawn (*Penaeus latisulcatus* Kishinouye) in a recirculating aquaculture system. **Aquaculture Research**, v. 41, p. 624-633.
- KIMPARA, J. M. 2004. **Efeito da densidade de estocagem sobre a qualidade dos efluentes de viveiros de engorda de *Macrobrachium amazonicum***. Monografia de conclusão de curso. Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista, 56 p.
- KIMPARA, J. M. 2007. **Intensificação do cultivo de *Macrobrachium amazonicum*: efeito das estratégias de estocagem e despesca na água dos viveiros, efluentes e sedimentação em viveiros de crescimento final**. Dissertação de Mestrado. Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista, 60 p.
- KIMPARA, J. M.; ROSA, F. R. T.; PRETO, B. L.; VALENTI, W. C. 2010 Limnology of *Macrobrachium amazonicum* grow-out ponds subject to high inflow of nutrient-rich water and different stocking and harvest management. **Aquaculture Research**, no. doi: 10.1111/j.1365-2109.2010.02717.x
- KUTTY, M. N.; HERMAN, F.; MENN, H. L. 2000. Culture of others species. In: NEW, M. B.; VALENTI, W. C. (Eds.) **Freshwater prawn farming: the farming of *Macrobrachium rosenbergii***. Oxford. Blackwell Science. p. 393-410.

- LAMPERT, W.; SOMMER, U. 2007. **Limnoecology: The Ecology of Lakes and Streams**. Oxford. p. 334.
- MACIEL, C. R.; VALENTI, W. C. 2009. Biology, Fisheries, and Aquaculture of the Amazon River Prawn *Macrobrachium amazonicum*: A Review. **Nauplius**, v. 17, n. 2, p. 61-29.
- MATVIENKO, B.; SIKAR, E.; PINGUELLI ROSA, L.; dos SANTOS, M. A.; de FILIPPO, R.; CIMBLERIS, A. C. P. 2000. Gas release from a reservoir in the filling stage. **Verhandlungen Internationale Vereinigung fur theoretische und angewandte Limnologie**, v. 27, p. 1415-1419.
- MILSTEIN A.; AZIM M. E.; WAHAB M. A.; VERDEGEM M. C. J. 2003. The effects of periphyton, fish and fertilizer dose on biological processes affecting water quality in earthen fish ponds. **Environmental Biology of Fishes**, v. 68, p. 247-260.
- MILSTEIN, A.; PERETZ, Y.; HARPAZ, S. 2009. Culture of organic tilapia to market size in periphyton based ponds with reduced feed inputs. **Aquaculture Research**, v. 40, p. 55–59.
- MORAES-RIODADES, P. M. C. 2004. Situação atual da criação de *Macrobrachium* no Brasil. In: I Congresso da Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática. Vitória. Jaboticabal, AQUABIO, **Anais...** p. 61.

- MORAES-RIODADES, P. M. C.; VALENTI, W. C. 2002. Crescimento relativo do camarão canela *Macrobrachium amazonicum* (Heller) (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae) em viveiros. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 19, p. 1169–1176.
- MORAES-RIODADES, P. M. C.; SASSAKI, D. H.; VALENTI, W. C.; VIEGAS, M. E. M. 2002. Rendimento em carne do camarão *Macrobrachium amazonicum*. In: Simpósio Brasileiro de Aquicultura, 12., 2002, **Anais...Goiânia**: Associação Brasileira de Aquicultura. p. 267.
- MORAES-RIODADES, P. M. C.; VALENTI, W. C. 2004. Morphotypes in male amazon river prawns, *Macrobrachium amazonicum*. **Aquaculture**, 236(1-4), p. 297-307.
- MORAES-RIODADES, P. M. C.; KIMPARA, J. M.; VALENTI, W. C. 2006. Effect of the amazon river prawn *Macrobrachium amazonicum* culture intensification on ponds hydrobiology. **Acta Limnologica Brasiliensia**, 18(3), p. 311-319.
- MORAES-VALENTI, P. M. C.; VALENTI, W. C. 2007. Effect of intensification on grow-out of the amazon river prawn *Macrobrachium amazonicum*. **Journal of the World Aquaculture Society**, 38(4), p.516-526.
- MORAES-VALENTI, P.; VALENTI, W. C. 2010. Culture of the Amazon River Prawn *Macrobrachium amazonicum*. In: NEW, M. B.; VALENTI, W. C.; TIDWELL, J. H.; D'ABRAMO, L. R.; KUTTY, M. N. (Eds.). **Freshwater Prawns; Biology and Farming**. Wiley-Blackwell, Oxford, p. 485-501.

- MOSCHINI-CARLOS, V. 1999. Estrutura e função da comunidade periférica nos ecossistemas aquáticos continentais. In: Pompêo, M. L. M. (ed). **Perspectivas na Limnologia Brasileira**, São Luís: Gráfica e editora União, p. 91-103.
- NEW, M. B. 2005. Freshwater prawn farming: global status, recent research and glance at the future. **Aquaculture Research**, v. 36, 210-230.
- NEW, M. B. 2010. History and Global Status of Freshwater Prawn Farming. In: NEW, M. B.; VALENTI, W. C.; TIDWELL, J. H.; D'ABRAMO, L. R.; KUTTY, M. N. (Eds.). **Freshwater Prawns; Biology and Farming**. Wiley-Blackwell, Oxford, p. 1-11.
- PISTORI, R. E. T. 2005. **Crescimento da macrófita aquática flutuante *Salvinia molesta* em viveiros de aquicultura com distintos estados tróficos**. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Centro de Aquicultura. 28p.
- PRETO, B. L. 2007. **Estratégias de povoamento e despesca no cultivo do camarão-da-amazônia *Macrobrachium amazonicum*: efeitos na estrutura populacional e na produção**. Dissertação de Mestrado. Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista, 44 p.
- REYNOLDS, C. S. 1984. **The Ecology of Freshwater Phytoplankton**. Cambridge University Press, London. 384p.

SAUNDERS, D. L.; KALFF, J., 2001. Nitrogen retention in wetlands, lakes and rivers. **Hydrobiologia**, 443, 205–212.

THAKUR, D. P.; LIN, C. K., 2003. Water quality and nutrient budget in closed shrimp (*Penaeus monodon*) culture systems. **Aquacultural Engineering**, v. 27, p. 159-176.

TIDWELL, J. H.; D'ABRAMO, L. R. 2000. Grow-out systems – culture in temperate zones. Pages 180–194 in NEW, M. B. & VALENTI, W. C. (eds). **Freshwater prawn culture: the farming of *Macrobrachium rosenbergii***. Blackwell Science, Inc., Malden, Massachusetts, USA.

TIDWELL, J. H.; COYLE, S. D.; SCHULMEISTER, G. 1998. Effects of added substrate on the production and population characteristics of freshwater prawns *Macrobrachium rosenbergii* in ponds. **Journal of the World Aquaculture Society** 29(1):17-22.

TIDWELL, J.H.; COYLE, S.D.; WEIBEL, C.R. & EVANS, J. 1999. Effects and interactions of stocking density and added substrate on production and population structure of freshwater prawns (*Macrobrachium rosenbergii*). **Journal of the World Aquaculture Society**, 30:174–179.

TIDWELL, J.H.; COYLE, S.D.; VANARNUM, A. & WEIBEL, C. 2000. Production response to increasing amounts of artificial substrate. **Journal of the World Aquaculture Society**, 31:452–457.

- TIDWEEL, J.H.; COYLES, S.D.; VANARNUM, A.; WEIBEL, C. & D'ABRAMO, L.  
2001. Use of artificial substrates to maximize production of freshwater prawns in temperate climates. **World Aquaculture Magazine**, 32(3):40-42+60.
- VAN DAM, A. A.; BEVERIDGE, M. C. M.; AZIM, M. E.; VERDEGEM, M.C.J.  
2002. The potential of fish production based on periphyton. **Reviews in Fish Biology and Fisheries**, v. 12, n. 1, p. 1-31.
- VALENTI, W. C. 2002. Aquicultura sustentável. In: Congresso de Zootecnia, 12o, Vila Real, Portugal, 2002, Vila Real: Associação Portuguesa dos Engenheiros Zootécnicos. **Anais...** p.111-118.
- VALENTI, W. C. 2008. A aquicultura Brasileira é sustentável? Palestra apresentada Durante o IV Seminário Internacional de Aquicultura, Maricultura e Pesca, **Aquafair 2008**, Florianópolis, 13-15 de maio de 2008. p. 1-11 ([www.avesui.com/anais](http://www.avesui.com/anais)).
- VETORELLI, M. P. 2004. **Viabilidade técnica e econômica da larvicultura do camarão-da-amazônia, *Macrobrachium amazonicum* em diferentes densidades de estocagem.** Dissertação de Mestrado. Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista, 89 p.

VETORELLI, M. P. 2008. **Salinidade e composição iônica da água na larvicultura do camarão-da-amazônia, *Macrobrachium amazonicum***. Tese de Doutorado. Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista, 123 p.

YI Y. & LIN C. K. (2001) Effects of biomass of caged Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and aeration on the growth and yields in an integrated cage cum-pond system. **Aquaculture**, v. 195, p. 253–267.

ZIMMERMANN, S. 1998. Manejo na fase de crescimento final. In: Valenti, W. C. (Ed.). **Carcinicultura de água doce: tecnologia para produção de camarões**. Brasília: IBAMA, p.191-216.