



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PESCA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PESCA**

PEDRO FLORÊNCIO RIBEIRO

**EFICIÊNCIA DA SUPLEMENTAÇÃO ALIMENTAR COM *Arthrospira platensis* NA
ALEVINAGEM DO TAMBATINGA (*Colossoma macropomum* x *Piaractus
brachypomus*)**

FORTALEZA-CE

2016

PEDRO FLORÊNCIO RIBEIRO

EFICIÊNCIA DA SUPLEMENTAÇÃO ALIMENTAR COM *Arthrospira platensis* NA
ALEVINAGEM DO TAMBATINGA (*Colossoma macropomum* x *Piaractus
brachypomus*)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Pesca da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Engenharia de Pesca.

Área de concentração: Recursos pesqueiros e Engenharia de pesca

Orientador: Alexandre Holanda Sampaio,
Dr.

FORTALEZA-CE

2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca de Ciências e Tecnologia

-
- R371e Ribeiro, Pedro Florêncio.
Eficiência da suplementação alimentar com *Arthrospira platensis* na alevinagem do Tambatinga (*Colossoma macropomum x Piaractus brachypomus*). / Pedro Florêncio Ribeiro. – 2016.
73 f. : il., color.
- Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Engenharia de Pesca, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Pesca, Fortaleza, 2016.
Área de Concentração: Recursos pesqueiros e Engenharia de pesca.
Orientação: Prof. Dr. Alexandre Holanda Sampaio.
1. Pesca. 2. Aquicultura. 3. Engenharia de pesca. I. Título.
-

CDD 639.2

PEDRO FLORÊNCIO RIBEIRO

EFICIÊNCIA DA SUPLEMENTAÇÃO ALIMENTAR COM *Arthrospira platensis* NA
ALEVINAGEM DO TAMBATINGA (*Colossoma macropomum* x *Piaractus*
brachypomus)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Pesca da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Engenharia de Pesca.

Área de concentração: Recursos pesqueiros e Engenharia de pesca

Aprovada em: ___/___/_____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Alexandre Holanda Sampaio (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Bartolomeu Warlene Silva e Souza (Interno)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Aldeney Andrade Soares Filho (Externo)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus.

A minha mãe Maria da Graça,
minha avó Teresinha e meus
familiares.

Ao Prof. Dr. Wladimir Farias.

AGRADECIMENTOS

À CAPES, pelo apoio financeiro com a manutenção da bolsa de auxílio.

Ao Professor Dr. Wldimir Ronald Lobo Farias, pela excelente orientação e realização do experimento.

Ao Professor Dr. Alexandre Holanda Sampaio pelas correções, sugestões e presidência da banca de defesa.

Aos professores participantes da banca examinadora Bartolomeu Warlene Silva e Souza e Aldeney Andrade Soares Filho pelo tempo, pelas valiosas colaborações e sugestões.

Aos familiares, em especial minha mãe Maria da Graça Florêncio Barros, por não medir esforços durante esse tempo para a conclusão do mestrado.

Ao doutorando Diego Castro Ribeiro pelo apoio na execução e escrita da dissertação.

Aos colegas da turma de mestrado Lorena Leite, Daniele Ferreira Marques, Fabrízia da Silva Quaresma, Fernando Luís Batista dos Santos, Igor Gabriel Rodrigues Ferreira Gomes, pelas reflexões, críticas e sugestões recebidas.

Ao apoio do Centro de Biotecnologia Aplicada a Aquicultura - CEBIAQUA pela disposição do espaço e estruturas para a realização do experimento em nome do mestrando José de Souza Júnior.

Ao doutorando Leonardo Freitas Galvão de Albuquerque pela contribuição durante a realização do experimento.

Aos estudantes de graduação Lucas Cripiano Rodrigues e Iracilda Ferreira da Silva Lima pelo apoio fundamental na execução do experimento.

Ao laboratório de Tecnologia do Pescado - LATEPE, pela realização das análises de composição química, em nome do coordenador Prof. Dr. Bartolomeu Warlene Silva e Souza, em especial a doutoranda Ana Irene Silva.

A coordenação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Pesca em nome da Prof^a. Dr^a. Silvana Saker Sampaio.

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que era antes”.

(Marthin Luther King)

RESUMO

Com o aumento na demanda por pescados e a diminuição na oferta oriunda da pesca extrativa, a aquicultura passa a ter um papel fundamental na produção de alimentos, e para seu crescimento tem se buscado a otimização dos processos produtivos com o uso racional e sustentável dos recursos naturais. Um dos principais custos envolvidos no sistema de produção é o da ração utilizada, que é justificado pelo elevado valor das fontes proteicas necessárias para a formulação. O alimento fornecido além de promover o crescimento dos animais através do ganho de peso, também deve nutrir o sistema de defesa, e assim os peixes possam resistir ao estresse ocasionado nos sistemas de cultivo. Considerado um aditivo natural, a microalga *Arthrospira platensis* pode ser utilizada na suplementação das rações, devido as suas propriedades e elevado teor proteico, alcançando até 70% de seu peso seco e possuindo considerável teor de aminoácidos. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência da suplementação alimentar com farinha seca da *Arthrospira platensis* com diferentes níveis em rações utilizadas na alevinagem do híbrido tambatinga (*Colossoma macropomum* x *Piaractus brachypomus*), por meio do desempenho zootécnico, parâmetros hematológicos, composição centesimal dos filés e rações, coloração da nadadeira dos peixes e aferição dos parâmetros de qualidade da água. O cultivo experimental teve duração de 64 dias correspondente à fase de alevinagem. Os alevinos, com peso inicial de $3,56 \pm 0,02$ g, receberam rações com dois níveis de suplementação (20 e 40%) e um controle (ração comercial). Durante o experimento foram realizados o acompanhamento do desempenho zootécnico, parâmetros de qualidade de água, e ao final, foi coletado o sangue para determinação dos parâmetros hematológicos, análise da coloração da nadadeira anal e composição centesimal dos filés. Dos parâmetros de qualidade da água, os que se encontraram acima dos limites seguros foram a amônia total (NH_3), nitrito (NO_2^-), e nitrato (NO_3^-), aumentando conforme o maior nível de suplementação, e fosfato (PO_4^{3-}) no tratamento com 20%, porém não ocasionaram mortalidades, onde a sobrevivência foi de 100%. Os melhores resultados zootécnicos de peso final, ganho peso, bem como conversão alimentar e eficiência alimentar foram obtidos nos tratamentos de 20 e 40%. Na coloração, os melhores resultados foram no tratamento com 20% que apresentou coloração bem acentuada no vermelho. Os

parâmetros hematológicos foram superiores nos tratamentos 20 e 40% em relação à dieta controle, com destaque para o número total de eritrócitos, hematócrito, concentração de hemoglobina, leucócitos totais e proteína plasmática total, sendo mais elevado conforme o maior nível de suplementação. Os maiores teores de proteína bruta (PB) nos filés foram encontrados nos tratamentos que receberam a suplementação (20 e 40%). O nível mais indicado para a suplementação em dietas de alevinos de tambatinga foi de 20% de farinha de *A. platensis*, pois maximiza os benefícios em relação ao desempenho zootécnico, à composição proteica do filé, à coloração e ao sistema imunológico, concomitantemente à minimização dos custos e manutenção da boa qualidade de água.

Palavras-chave: Nutrição. Desempenho. Hematologia.

ABSTRACT

With the increase in demand for fish and the decrease in supply coming from the extractive fisheries, aquaculture now has a key role in food production, and its growth has been sought to optimize production processes with the rational and sustainable use of resources natural. One of the main costs involved in the production system is used in feed, which is justified by the high value of protein sources needed for the formulation. The food provided and to promote animal growth through weight gain, should also nourish the defense system, and so the fish can withstand the stress caused in cropping systems. Considered a natural additive, seaweed *Arthrospira platensis* can be used to supplement the rations due to their properties and high protein content, reaching up to 70% of its dry weight and possessing considerable amino acid content. This study aimed to evaluate the efficiency of dietary supplementation with dry flour *A. platensis* with different levels in diets used in the nursery hybrid tambatinga (*Colossoma macropomum* x *Piaractus brachipomus*), through the growth performance, haematological parameters, chemical composition of fillets and feed, coloring fin fish and measurement of water quality parameters. The experimental cultivation lasted 64 days corresponding to the nursery phase. The fry, with initial weight of 3.56 ± 0.02 g, were fed a diet supplemented with two levels (20 and 40%) and a control (commercial feed). During the experiment were performed to monitor the growth performance, water quality parameters, and the end, blood was collected for determination of hematological, coloring analysis of the anal fin and chemical composition of the fillets. Water quality parameters those that are above safe limits are the total ammonia (NH_3), Nitrite (NO_2^-), Nitrate (NO_3^-), increasing as the higher level of supplementation and phosphate (PO_4^{3-}) in the treatment with 20%, but They did not cause mortality, where survival was 100%. The zootechnical results final weight, weight gain and feed conversion and feed efficiency were obtained in the treatments of 20 and 40%. In color, the best results were in treatment with 20%, which showed very marked in red color. Hematological parameters were higher in treatments 20 and 40% compared to the control diet, with emphasis on the total number of red blood cells, hematocrit, hemoglobin, white blood cell count and total plasma protein and is higher as the highest level of supplementation. The highest

crude protein (CP) in fillets were found in the treatments that received supplementation (20 and 40%). The preferred level for supplementation of diets tambatinga fry was 20% *A. platensis* flour therefore maximizes the benefits outlined above in relation to production performance, the protein composition of the fillet, the coloring and the immune system, concurrently minimizing costs and maintaining good water quality.

Keywords: Nutrition. Performance. Hematology.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estruturas de cultivo do tambatinga.....	30
Figura 2 - Sistema de cultivo externo em recirculação da <i>Arthrospira platensis</i>	31
Figura 3 - Espécimes utilizadas para análise da coloração de alevinos de tambatinga alimentados com diferentes concentrações de <i>Arthrospira platensis</i> suplementadas em ração comercial (controle).....	55
Figura 4 - Morfologia dos leucócitos obtidos na contagem diferencial de leucócitos de alevinos de tambatinga alimentados com diferentes concentrações de <i>Arthrospira platensis</i> suplementadas em ração comercial (controle).....	66

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Conversão alimentar aparente de alevinos de tambatinga alimentados com diferentes concentrações de <i>Arthrospira platensis</i> suplementadas em ração comercial (controle).....	49
Gráfico 2 - Eficiência alimentar de alevinos de tambatinga alimentados com diferentes concentrações de <i>Arthrospira platensis</i> suplementadas em ração comercial (controle).....	50
Gráfico 3 - Número de eritrócitos totais de alevinos de tambatinga alimentados com diferentes concentrações de <i>Arthrospira platensis</i> suplementadas em ração comercial (controle).....	56
Gráfico 4 - Hematócrito em alevinos de tambatinga alimentados com diferentes concentrações de <i>Arthrospira platensis</i> suplementadas em ração comercial (controle).....	57
Gráfico 5 - Concentrações de hemoglobina em alevinos de tambatinga alimentados com diferentes concentrações de <i>Arthrospira platensis</i> suplementadas em ração comercial (controle).....	58
Gráfico 6 - Volume corpuscular médio em alevinos de tambatinga alimentados com diferentes concentrações de <i>Arthrospira platensis</i> suplementadas em ração comercial (controle).....	59
Gráfico 7 - Hemoglobina corpuscular média em alevinos de tambatinga alimentados com diferentes concentrações de <i>Arthrospira platensis</i> suplementadas em ração comercial (controle).....	60
Gráfico 8 - Concentração de hemoglobina corpuscular média em alevinos de tambatinga alimentados com diferentes concentrações de <i>Arthrospira platensis</i> suplementadas em ração comercial (controle).....	60
Gráfico 9 - Proteína plasmática total de alevinos de tambatinga alimentados com diferentes concentrações de <i>Arthrospira platensis</i> suplementadas em ração comercial (controle).....	62
Gráfico 10 - Número de leucócitos totais de alevinos de tambatinga alimentados com diferentes concentrações de <i>Arthrospira platensis</i> suplementadas em ração comercial (controle).....	63

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição centesimal das rações utilizadas no cultivo de alevinos de tambatinga alimentados com diferentes concentrações de <i>Arthrospira platensis</i> suplementadas em ração comercial (controle).....	43
Tabela 2 - Parâmetros de qualidade da água do cultivo de alevinos de tambatinga alimentados com diferentes concentrações de <i>Arthrospira platensis</i> suplementadas em ração comercial (controle).....	45
Tabela 3 - Desempenho zootécnico de alevinos de tambatinga alimentados com diferentes concentrações de <i>Arthrospira platensis</i> suplementadas em ração comercial (controle).....	47
Tabela 4 - Sobrevivência e desempenho produtivo de alevinos de tambatinga alimentados com diferentes concentrações de <i>Arthrospira platensis</i> suplementadas em ração comercial (controle).....	48
Tabela 5 - Composição centesimal dos filés de alevinos de tambatinga alimentados com diferentes concentrações de <i>Arthrospira platensis</i> suplementadas em ração comercial (controle).....	52
Tabela 6 - Valores médios dos índices de coloração da nadadeira anal em coordenadas Hunter (L*a*b*) obtidos em fotografias digitais pelo software Adobe PhotoShop CS2®, de alevinos de tambatinga alimentados com diferentes concentrações de <i>Arthrospira platensis</i> suplementadas em ração comercial (controle).....	53
Tabela 7 - Contagem diferencial de leucócitos de alevinos de tambatinga alimentados com diferentes concentrações de <i>Arthrospira platensis</i> suplementadas em ração comercial (controle).....	64

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CAA -	Conversão alimentar aparente
CHCM -	Concentração de hemoglobina corpuscular média
HCM -	Hemoglobina corpuscular média
IEP -	Índice de eficiência proteica
PPT -	Proteína plasmática total
TCE -	Taxa de crescimento específica
VCM -	Volume corpuscular médio

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
2 REVISÃO DE LITERATURA	19
2.1 Aquicultura e nutrição	19
2.2 Produção de espécies nativas e híbridos	20
2.3 Sanidade e imunostimulantes.....	22
2.4 Hematologia	23
2.5 <i>Arthrospira platensis</i>	26
2.6 Composição bioquímica do filé de pescado	27
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	29
3.1 Aquisição dos peixes	29
3.2 Delineamento experimental.....	29
3.3 Manejo experimental	30
3.4 Biomassa de <i>Arthrospira platensis</i>	31
3.5 Preparo das rações.....	32
3.6 Parâmetros de qualidade de água.....	32
3.7 Parâmetros de desempenho zootécnicos	32
3.8 Composição centesimal da ração e do filé	34
3.9 Análise da coloração da nadadeira anal.....	37
3.10 Parâmetros hematológicos	37
3.11 Análise estatística	42
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	43
4.1 Composição centesimal das rações	43
4.2 Qualidade de água.....	44
4.3 Desempenho zootécnico	47
4.4 Composição centesimal dos filés	51
4.5 Análise da Coloração da nadadeira anal.....	53
4.6 Parâmetros hematológicos	56
5 CONCLUSÃO	68
REFERÊNCIAS.....	69

1 INTRODUÇÃO

A aquicultura é uma das atividades de produção que apresenta um crescimento mundial acelerado, isso se dá em decorrência da escassez de alimentos oriundos dos ambientes naturais. Conforme Natori *et al.* (2011), a demanda crescente por quantidade e qualidade de alimentos vem impulsionando o desenvolvimento da aquicultura, uma vez que sua simples captura na natureza, depara-se com sinais evidentes de esgotamento do estoque dos recursos aquáticos, que pode ser comprovado pelas elevadas taxas de crescimento em sua oferta mundial.

O Brasil apresenta condições favoráveis para a prática das diversas modalidades da aquicultura, entre elas a piscicultura, que em termos de produção brasileira, corresponde com mais de 85% do total produzido no Brasil. Outra importante vantagem do País reside na riqueza de espécies nativas com alto potencial para o cultivo.

A produção de espécies nativas o tambaqui (*Colossoma macropomum*) e seus híbridos, vem apresentando um grande crescimento nos últimos anos segundo as estatísticas da produção de pescado no Brasil, divulgadas pelo Ministério da Pesca e Aquicultura, referentes à produção de 2011, já atingindo a segunda espécie de peixe mais cultivada (BRASIL, 2013). Merece destaque também o pacu (*Piaractus mesopotamicus*), o híbrido tambacu (*Colossoma macropomum* x *Piaractus mesopotamicus*) e o tambatinga (*Colossoma macropomum* x *Piaractus brachypomus*), oriundos de espécies nativas.

É de fundamental importância o desenvolvimento de pesquisas voltadas para o aperfeiçoamento dos processos produtivos dessas espécies, tornando a atividade mais competitiva e atraente economicamente, através de melhores resultados zootécnicos, como crescimento, sobrevivência e qualidade do produto ao final do cultivo.

Sistemas mais eficientes e sustentáveis estão sendo desenvolvidos baseados em rigorosos controles de sanidade, diagnósticos de doenças, meios modernos de reprodução, cruzamento seletivo, reutilização da água, rações eficientes e um melhor controle de resíduos. Todas essas tecnologias otimizam a

produção, proporcionando maiores e mais consistentes níveis de produtividade e crescimento mais rápido e uniforme.

Ao longo dos anos, a aquicultura teve uma evolução nos sistemas de cultivo a partir do extensivo e semi-intensivo para o intensivo, neste sistema, os peixes são submetidos a vários estresses simultaneamente e são expostos a potenciais agentes patogénicos (PRIYADARSHINI *et al.*, 2012).

De acordo Renu *et al.* (2011), a aquicultura é utilizada para produzir um grande número de peixes saudáveis por meios que são biologicamente e economicamente eficientes, entretanto organismos patógenos estão presentes nos ambientes aquáticos, então peixes com resistência reforçada a doenças, seriam excelentes candidatos para a o cultivo. A vacinação é um tratamento profilático eficaz para doenças infecciosas em cultura de peixes, mas pode ser muito cara e estressante para os animais (LABH; SHAKYA, 2014).

Nos últimos anos, o aumento da preocupação dos consumidores com os resíduos de antibióticos, hormônios, promotores de crescimento e o perigo do desenvolvimento de estirpes resistentes aos antibióticos, conduziu à utilização de imunoestimulantes na aquicultura (KRISHNAVENI; PALANIVELU; VELAVAN, 2013), uma vez que oferecem uma alternativa para as drogas e químicos, que são atualmente utilizados na piscicultura para controlar doenças (RENU *et al.*, 2011).

Características hematológicas são parâmetros essenciais para a avaliação da saúde e estado fisiológico dos animais, refletem a capacidade de resposta fisiológica de um animal para o seu ambiente interno, que incluem alimentação e digestão (ETIM *et al.*, 2013).

Os estudos sobre o quadro hematológico de peixes brasileiros em condições de cultivo têm aumentado nas últimas décadas, já que as informações que os componentes sanguíneos oferecem, podem ser utilizadas para avaliar o estado fisiológico de peixes e por esta razão necessitam de mais informações (SILVA; LIMA; BLANCO, 2012).

Segundo Abdulrahman (2014), para ser uma alternativa viável, um ingrediente deve possuir certas propriedades como grande disponibilidade e um preço competitivo, além do fácil manuseio, transporte e armazenamento. Vários materiais têm sido testados como fontes de proteínas alternativas, tais como os

subprodutos animais, proteínas de células únicas, incluindo microalgas e proteína de célula única bacteriana.

A microalga azul *Arthrospira platensis* é rica em proteínas e vitaminas, e pode ser usada para melhorar a capacidade da imunidade dos animais que a consomem, e também aumentar a capacidade de absorver os nutrientes (PROMYA; CHITMANAT, 2011). Para Ibrahim, Mohamed e Ibrahim (2013), a otimização da forma seca da concentração de *A. platensis* inteira na dieta para peixes ainda é questionável, em relação à sua concentração ótima necessária para alcançar os seus efeitos desejados sobre o desempenho de crescimento, a utilização do alimento, respostas imune e resistência dos peixes às infecções.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência da suplementação alimentar com farinha seca da *Arthrospira platensis* com diferentes níveis em rações utilizadas na alevinagem do híbrido tambatinga (*Colossoma macropomum* x *Piaractus brachypomus*), por meio do desempenho zootécnico, parâmetros hematológicos, composição centesimal dos filés e rações, coloração da nadadeira dos peixes e aferição dos parâmetros de qualidade da água.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Aquicultura e nutrição

A exploração indiscriminada do estoque pesqueiro natural, a crescente diferença entre a quantidade de pescado capturado e a demanda de consumo, tornou a aquicultura um das alternativas mais viáveis no mundo na produção de alimento com alto valor proteico (CAMARGO; POUHEY, 2005). É considerada uma importante indústria em muitos países, e vai continuar a crescer, uma vez que a demanda por produtos da pesca aumenta e a oferta de fontes naturais diminui (GATLIN, 2010). O aumento da produção na aquicultura pode ser obtido por meio do aumento das áreas cultivadas ou com intensificação da produção (IBRAHEM; MOHAMED; IBRAHIM, 2013).

A piscicultura é um setor industrial que cresceu extremamente rápido na última década e, melhorar o desempenho dos animais cultivados e a resistência a doenças são grandes desafios enfrentados pelos produtores (DELHI *et al.*, 2014). Procura-se criar sistemas equilibrados para a sustentabilidade ambiental (biomitigação), a estabilidade econômica (diversificação de produtos e redução de riscos) e aceitabilidade social (melhores práticas de gestão) (RENU *et al.*, 2011).

Para o crescimento máximo, a nutrição de peixes tem que ser adaptada à espécie e à fase de desenvolvimento, uma vez que a alimentação dos peixes, é um dos mais altos custos de operação em uma produção aquícola, é necessária para maximizar a taxa de conversão alimentar e usar ingredientes alimentares de fácil aquisição e preço, finalmente, o objetivo deve ser o de aperfeiçoar a composição nutricional do peixe para consumo, uma vez que os peixes representam a principal fonte de ácidos graxos ômega-3 de cadeia longa (ω -3) na dieta humana (WATTERS *et al.*, 2012).

Segundo Logato (2011), em relação aos inúmeros aspectos inerentes a produção de peixes, aqueles envolvidos com a alimentação vêm amplamente sendo discutidos, principalmente por representar cerca de 60% dos custos de produção em sistema intensivo. Semelhante a outros animais, os peixes necessitam de proteínas,

carboidratos, minerais e vitaminas para a obtenção de um crescimento rápido e adequado.

O novo conceito de balanceamento de rações considera que, além de nutrir o animal visando o máximo desempenho, é necessário ativar, ainda, seu sistema de defesa, que além de possibilitar as respostas zootécnicas almejadas e a saúde dos peixes, permite que se obtenha maior resistência orgânica para superar a ação de agentes estressores, componentes inevitáveis sob condições intensivas de cultivo (SIGNOR *et al.*, 2010).

O estado nutricional é considerado um dos fatores importantes que determinam a capacidade dos peixes em resistir à ocorrência de doenças. Os surtos comumente ocorrem quando os animais estão estressados devido a uma variedade de fatores, incluindo a má nutrição, portanto, a necessidade de dietas adequadas para melhorar a saúde e prevenir doenças dos animais aquáticos de cultivo é amplamente reconhecida (LALL, 2000).

2.2 Produção de espécies nativas e híbridos

Embora a tilápia (*Oreochromis niloticus*) seja a espécie dominante nos sistemas de cultivo, a criação de peixes nativos vem crescendo significativamente na aquicultura nacional, destacando-se, no caso dos peixes redondos, o tambaqui (*Colossoma macropomum*) e pacu (*Piaractus mesopotamicus*); dos surubins, como o pintado (*Pseudoplatystoma corruscans* e *P. fasciatum*); dos jundiás (*Rhamdia quelen*, *Rhamdia* sp. e *Rhamdia voulezi*) (BOSCOLO *et al.*, 2011). O pacu, o tambaqui, a pirapitinga (*Piaractus brachypomum*), e alguns híbridos entre estas espécies, são os peixes redondos de importância para a piscicultura comercial no Brasil, com rápido crescimento, podendo atingir entre 1,0 e 1,5 kg de peso no primeiro ano de cultivo. O hábito alimentar diversificado, rusticidade sob condições de cultivo, e a carne de boa qualidade contribuíram para uma rápida popularização do cultivo desses peixes (KUBITZA, 2004).

Seguindo o padrão observado nos anos anteriores, a maior parcela da produção aquícola é oriunda da aquicultura continental, na qual se destaca a piscicultura continental, representando 86,6% da produção total nacional no ano de

2011. A tilápia (*O. niloticus*) e o tambaqui (*C. macropomum*) foram às espécies mais cultivadas, contudo, também merecem destaque a produção de pacu (*P. mesopotamicus*), e dos híbridos de espécies nativas, o tambacu (*C. macropomum* x *P. mesopotamicus*) e o tambatinga (*C. macropomum* x *P. brachypomus*) (BRASIL, 2013).

De acordo com Kubitz *et al.* (2012), a produção aquícola nordestina está praticamente concentrada na tilápia criada em tanques rede nos açudes do Ceará e nos reservatórios do Rio São Francisco em áreas da Bahia, Pernambuco e Alagoas e no camarão marinho (litoral do Rio Grande do Norte, Ceará e Bahia), há uma produção expressiva de peixes redondos apenas no Maranhão, Piauí, Sergipe e Bahia.

O tambatinga resulta do cruzamento de fêmeas de tambaqui e machos de pirapitinga. O primeiro registro de uso deste híbrido em aquicultura foi feito por Darmont e Salaya (1984) na Venezuela (KUBITZA, 2004). O Tambaqui é uma espécie de águas essencialmente tropicais, distribuído por toda a bacia do rio Amazonas, e por se tratar de um peixe onívoro, quando criado na natureza se alimenta de frutas, sementes e zooplâncton, filtrado através das brânquias, possuindo um alto potencial produtivo devido apresentar boa aceitação de ração artificial, crescimento rápido e resistência ao manuseio (SOUZA *et al.*, 2012). A pirapitinga é a única espécie do gênero *Piaractus* encontrada na Bacia Amazônica, podendo alcançar até 20 quilos de peso, e é considerado o terceiro maior peixe de escamas da Amazônia. Em virtude de apresentar um crescimento um pouco mais lento do que o tambaqui, o cultivo comercial da pirapitinga não se tornou tão popular no Brasil, no entanto, este peixe tem sido utilizado em cruzamentos para a obtenção de híbridos com o pacu (patinga) e com o tambaqui (tambatinga) (KUBITZA, 2004).

A expansão e a consolidação das cadeias de produção e comercialização das espécies nativas, que já provaram seu valor e potencial, ainda dependem de um enorme esforço de todos os atores envolvidos. É preciso que as ações saiam das cabeças e do papel e se concretizem, seja por parte do setor público que regulamenta, fiscaliza e incentiva, ou por parte dos produtores e indústrias, que são as locomotivas do setor (ONO, 2013).

2.3 Sanidade e imunoestimulantes

Os peixes vivem em um ambiente aquático com diversos agentes ambientais estressores que desafiam continuamente a fisiologia dos animais, e em condições de aquicultura intensiva, são predispostos ao estresse e posterior infecção por patógenos (RENU *et al.*, 2011).

Devido a prática de cultivos intensivos para o aumento da produção, o surgimento e medidas de controle de doenças continuam representando uma séria de ameaças para a indústria aquícola (HAGHIGHI; ROHANI, 2013). As doenças infecciosas são um grande problema na aquicultura, provocando elevadas perdas de peixes nas unidades de produção (PRATHEEPA; SUKUMARAN, 2014).

O uso de produtos químicos para controlar as populações bacterianas ou parasitárias, traz muitas desvantagens como a bioacumulação, contaminação em humanos e poluição ambiental. Da mesma forma, o uso generalizado de antibióticos leva ao desenvolvimento de bactérias resistentes aos antibióticos, imunossupressão e desestabilização de populações bacterianas (MAQSOOD *et al.*, 2011).

Conforme Labh e Shakya (2014), o tratamento com antibióticos não é bem sucedido e sustentável, devido ao aumento da resistência aos mesmos pelas bactérias. Além disso, podem ser observados efeitos negativos sobre a microflora de juvenis ou de peixes adultos, a acumulação de resíduos de antibióticos em tecidos de peixes e no meio ambiente causando problemas de saúde humana e animal.

As abordagens preventivas para manter a boa saúde dos peixes nos cultivos, reforçando o seu mecanismo de defesa é cada vez cada vez mais importante na aquicultura (PRIYADARSHINI *et al.*, 2012). Nos últimos anos, cada vez mais tem sido dada atenção ao desenvolvimento de imunoestimulantes, tanto para peixes e outros animais, e essa estimulação do sistema imunitário pode proteger os peixes contra diversas doenças infecciosas (PRATHEEPA; SUKUMARAN, 2014).

Por definição, imunoestimulante é um produto químico, droga, estressor ou ação que aumenta a resposta imune inata ou não específica por meio da interação direta com células do sistema, ativando-os (MAQSOOD *et al.*, 2011). De acordo com Krishnaveni, Palanivelu e Velavan (2013), são substâncias que podem

aumentar os mecanismos de defesa não específicos, bem como a resposta imune específica, se o tratamento é seguido por infecção ou vacinação. Reforçam o sistema imunitário inato, impedindo assim doenças infecciosas (RAGAP; KHALIL; MUTAWIE, 2012).

A utilização na água ou alimentação é considerada como uma alternativa moderna e promissora aos antibióticos e vacinas usados como medida profiláctica na aquicultura intensiva (HAGHIGHI; ROHANI, 2013). Existem muitos trabalhos sobre imunostimulantes não específicos para peixes, sugerindo que o método tem um potencial considerável para reduzir as perdas na aquicultura, tanto durante a fase larval como em outras fases de crescimento (HAGHIGHI; ROHANI, 2013).

Os efeitos biológicos dos imunostimulantes são altamente dependentes dos receptores das células alvo reconhecendo-as como potenciais moléculas de alto risco e desencadeamento caminhos de defesa (PRIYADARSHINI *et al.*, 2012). Ativam vários componentes do sistema imunológico, tais como fagócitos, células natural killers (NK), linfócitos T, linfócitos B e lisozima (RENU *et al.*, 2011).

A seleção de imunostimulantes adequados com uma capacidade para aumentar a proteção em peixes apresenta uma tarefa difícil e, em sentido estrito, não há tais grandes esforços de investigações específicas (MAQSOOD *et al.*, 2011).

2.4 Hematologia

Hematologia é o estudo da fisiologia e morfologia do sangue (ETIM *et al.*, 2013). Para Ranzani-Paiva *et al.* (2013) é o estudo do sangue ou a soma de conhecimentos sobre o sangue, grande parte destas informações consiste em medidas de valores dos parâmetros hematológicos em condições normais e anormais.

Avaliação hematológica pode ser considerada como uma ferramenta de diagnóstico prático (YASINI *et al.*, 2012). Por ser uma ferramenta auxiliar, as alterações dos padrões hematológicos de referências, bem como os distúrbios morfológicos de células do sangue, podem ser utilizadas para auxiliar diagnóstico e

realizar prognósticos de peixes aos diferentes desafios do ambiente ou devido à presença de agentes infecciosos (SILVA; LIMA; BLANCO, 2012).

O conhecimento das características hematológicas é uma importante ferramenta que pode ser utilizada como um índice sensível e eficaz para monitorar as alterações fisiológicas e patológicas em peixes (SATHEESHKUMAR *et al.*, 2011). A aplicação da hematologia em pesquisa com animais é bem aceita e considerada um procedimento de rotina em métodos de diagnóstico (SERIANI *et al.*, 2011). O monitoramento do estado de saúde dos peixes é imprescindível para o manejo sanitário da produção, seja de grande ou pequeno porte (ISHIKAWA *et al.*, 2010).

Os dois tipos de sistema imunitário são o sistema imunitário inato ou sistema imune não específico, e o sistema imunitário adquirido ou sistema imunitário adaptativo. O sistema imunológico luta continuamente contra patógenos e dá proteção adequada para o corpo. O sistema imunitário de um peixe envolve diferentes células e órgãos, existindo diversos fatores intrínsecos como saúde e idade, e fatores extrínsecos, como a temperatura ou alterações nos parâmetros abióticos que afetam a resposta imunológica dos animais (LABH; SHAKYA, 2014). A imunidade não específica é um mecanismo de defesa fundamental no peixe, além disso, ela desempenha um papel chave na resposta imunitária adquirida e a homeostase através de um sistema de proteínas receptoras (URIBE *et al.*, 2011).

O sistema imune dos organismos aquáticos, tais como peixes, é continuamente afetado por mudanças periódicas ou inesperadas do seu meio ambiente. Situações ambientais adversas podem de forma aguda ou crônica afetar a saúde desses animais, alterando alguns dos seus parâmetros bioquímicos e suprimindo as respostas imunes inatas e adaptativas (KRISHNAVENI; PALANIVELU; VELAVAN, 2013).

O conhecimento a cerca dos constituintes sanguíneos, bem como de suas características, é de fundamental importância para a diagnose diferencial de doenças, além de capacitar a identificação das células presentes no organismo adulto saudável (SOUSA *et al.*, 2013).

Conforme Ranzani-Paiva *et al.* (2013), o sangue é um tecido conectivo de propriedades especiais, sua matriz extracelular é líquida (plasma), composta por 90% de água, 7% de proteínas (globulinas e albumina), e o restante, de solutos

variados (eletrólitos, como íons carbonato, cloro, sódio, potássio, cálcio, fosfatos) além disso, é composto por metabólitos, hormônios e enzimas. O sangue banha todos os tecidos orgânicos, exceto o epitelial e o cartilaginoso, devido a essa condição fisiológica, seu estudo torna-se estratégico para avaliação do estado de saúde dos peixes (ISHIKAWA *et al.*, 2010).

A porção figurada é composta por eritrócitos, leucócitos e trombócitos cuja origem, desenvolvimento e função, principalmente dos leucócitos, não são conhecidas por completo nos peixes (TAVARES–DIAS; MORAES, 2004).

Morfologicamente os eritrócitos maduros de peixes variam de ovais a elipsoidal com núcleo central. O núcleo pode ocupar até um quarto do volume da célula e o eixo longitudinal do núcleo é paralelo ao da célula, exceto em algumas espécies, que possuem núcleo redondo (SILVA; LIMA; BLANCO, 2012).

As células do sistema imunológico são os leucócitos ou glóbulos brancos (LABH; SHAKYA, 2014). Os neutrófilos, eosinófilos, basófilos, monócitos e linfócitos são leucócitos usualmente observados na circulação sanguínea dos peixes (SOUSA *et al.*, 2013).

Os peixes possuem populações de linfócitos que são análogas às células T, células B, células citotóxicas (semelhantes às células assassinas naturais), macrófagos e leucócitos polimorfonucleares (URIBE *et al.*, 2011).

Os trombócitos, células responsáveis pelo processo de coagulação sanguínea, são bastante abundantes, perdendo em quantidade apenas para os eritrócitos (SOUSA *et al.*, 2013).

Segundo Silva; Lima; Blanco (2012), alterações na contagem relativa de células sanguíneas de defesa orgânica pode indicar a ocorrência de processos infecciosos, igualmente ao que acontecem com os mamíferos, os peixes portadores de infecção apresentam neutrofilia com linfopenia relativa, podendo também ser possível à mobilização dos trombócitos de seus compartimentos de reserva para contribuir com os mecanismos de defesa orgânica.

2.5 *Arthrospira platensis*

A utilização de proteínas de origem celular, presente em fungos, bactérias, leveduras e microalgas, estão presentes há milhares de anos pela população no mundo, principalmente sob a forma de medicamentos (MOREIRA *et al.*, 2013).

As microalgas como uma fonte de proteína de origem celular têm certas vantagens sobre a utilização de outros microrganismos, devido ao seu rápido crescimento e à quantidade e à qualidade da proteína. Entre as microalgas, o gênero *Arthrospira*, uma alga filamentosa verde-azulada de água doce, contém cerca de 60 a 70% de proteínas, vitaminas, minerais e os ácidos graxos essenciais tais como o ácido palmítico, linolênico e ácido linoleico, recomendados pela Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO) (MOREIRA *et al.*, 2013; DELHI, 2014). A utilização de espécies de microalgas como uma fonte convencional de alimentos e proteínas vem crescendo ao longo dos anos (ABDULRAHMAN, 2014).

Spirulina e *Arthrospira* são dois gêneros separados e compostos por cerca de quinze espécies, no entanto, a nomenclatura recente considera a espécie *Spirulina platensis* como *Arthrospira platensis* (EL-SHEEKH *et al.*, 2014; ALGAEBASE, 2016).

Declarada como "o melhor para o amanhã", a *A. platensis* está ganhando popularidade nos últimos anos como um suplemento alimentar, e a sua capacidade tem sido reconhecida, para produzir novos produtos naturais estruturalmente e biologicamente ativos (ABDULRAHMAN, 2014).

Entre as proteínas presentes na *A. platensis*, encontramos as ficobiliproteínas, que são pigmentos fotossintéticos acessórios, que transferem energia de forma extremamente eficiente na fotossíntese para a clorofila *a*. É uma proteína hidrofílica, brilhante, colorida e estável, e são classificadas em três grupos principais dependendo da cor inerente e propriedades de absorbância: ficocianina (azul), aloficocianina (verde azulado) e ficoeritrina (vermelho) (KAMBLE *et al.*, 2013).

A *A. platensis* é considerada um suplemento nutricional que tem vários benefícios de saúde para os seres humanos, assim como para animais, possuindo

benefícios econômicos (KRISHNAVENI; PALANIVELU; VELAVAN, 2013). Pode ser um adequado suplemento alimentar na alimentação de trutas, robalos, carpas, tilápia vermelha, camarão e moluscos, pois se verificou que a alga, além de ser uma fonte alternativa de proteínas, também pode ser usada para melhorar a coloração, o sabor e qualidade da carne (TONGSIRI; MANG-AMPHAN; PEERAPORNPIBAL, 2010).

A administração de *A. platensis* via oral, a uma dose de 10 mg peixe⁻¹ para a tilápia (*O. niloticus*), conduz a melhores atividades bactericidas do soro, a atividade fagocítica e da lisozima, aumentando os anticorpos específicos contra diferentes antígenos, e maximiza a sobrevivência em desafios contra a infecção por *Aeromonas hydrophila* (RAGAP; KHALIL; MUTAWIE, 2012).

De acordo com Ibrahem, Mohamed e Ibrahim (2013), a concentração ótima *A. platensis* seca na dieta prática para *O. niloticus* é de 10 g kg⁻¹, melhoram positivamente as condições de saúde dos peixes além de reforçar a imunidade não específica, bem como a sua resistência ao desafio com *Pseudomonas fluorescens*.

2.6 Composição bioquímica do filé de pescado

O peixe é um dos alimentos mais importantes na dieta dos humanos devido à alta qualidade da proteína do pescado e da grande quantidade de nutrientes, além de excelente digestibilidade (VIANA *et al.*, 2013). O consumo regular de pescado apresenta diversos benefícios.

Em comparação com a carne vermelha, a carne de peixe é facilmente digerível, pois contém fibras musculares longas, além disso, o consumo de peixe tem sido associado a benefícios para a saúde, tais como redução do risco de doença cardíaca coronária (PIRESTANI *et al.*, 2009).

A composição química da carne de pescado é afetada por um número de fatores, tais como: espécie, sexo, idade, estação do ano, bem como pelas condições ambientais, método de cultivo e tipo de alimentação (HADJINIKOLOVA; NIKOLOVA; STOEVA, 2008).

De acordo com Ogawa e Maia (1999), o filé de pescado pode conter de 60 a 85% de umidade, aproximadamente 20% de proteínas, de 1 a 2% de cinzas, de

0,3 a 1,0% de carboidratos e de 0,6 a 36% de lipídios, onde os lipídios apresentam uma maior variação em função do tipo de músculo, do sexo, da idade, da época do ano, do habitat e da dieta.

O conhecimento sobre a composição química das espécies de peixes tem importância fundamental na aplicação de diferentes processos tecnológicos (DINIZ *et al.*, 2013).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no Laboratório de Cultivo Indoor (LCI) do Centro de Biotecnologia Aplicado a Aquicultura (CEBIAQUA) do Departamento de Engenharia de Pesca do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará-UFC.

3.1 Aquisição dos peixes

Os alevinos do híbrido tambatinga (*Colossoma macropomum* x *Piaractus brachipomus*) com peso médio de $0,5 \pm 0,01$ gramas foram adquiridos de uma piscicultura comercial em Tutóia-MA, e transportados em sacos plásticos com capacidade para 20 L, contendo 10 L de água com adição de oxigênio puro.

No laboratório os alevinos foram transferidos para duas caixas de 500 L, com fornecimento de oxigênio, e permaneceram durante uma semana para aclimação as condições do laboratório, sendo alimentados quatro vezes ao dia com ração comercial de 40% de proteína bruta (PB). Após esse período os alevinos foram transferidos para o tanque de manutenção, com volume de 2.000 L (2,0 m³), com aeração constante e alimentados três vezes ao dia com ração comercial de 40% de proteína bruta (PB), durante 30 dias, período em que os peixes atingiram o peso ideal para serem utilizados no cultivo experimental ($3,56 \pm 0,02$ gramas).

3.2 Delineamento experimental

Foram utilizadas nove (9) caixas retangulares (56 x 36 x 32) com volume útil de 60 L (Figura 1), com fornecimento de oxigênio por meio de um compressor de ar, distribuído com mangueiras de aeração e pedras porosas, em um delineamento experimental totalmente ao acaso, sendo dois tratamentos (T-01 e T-02) e um controle (C) com três repetições cada. Nos tratamentos T-01 e T-02 os peixes foram alimentados com uma ração comercial com 28% de proteína bruta (PB) suplementada com 20% e 40% de farinha de *Arthrospira platensis* respectivamente,

e no controle foi utilizada uma ração comercial com 28% de proteína bruta (PB) sem a suplementação.

Figura 1 - Estruturas de cultivo do tambatinga.



Fonte: Autor.

A densidade foi de oito peixes por caixa ($133,0$ peixes/ m^3 ; fase I), totalizando 72 peixes, com peso médio inicial de $3,56 \pm 0,02$ g e comprimento $5,78 \pm 0,06$ cm, alimentados três vezes ao dia (08h00min; 12h00min; 16h00min), com taxa de arraçamento de 10% do peso vivo (biomassa). O experimento teve duração de oito semanas (64 dias), correspondente à fase de crescimento I para peixes redondos (FARIA *et al.*, 2012).

3.3 Manejo experimental

Semanalmente foi realizada a biometria para acompanhamento do desenvolvimento zootécnico e ajuste de ração, onde os peixes de cada caixa foram pesados em balança digital e medidos individualmente com um paquímetro. Como se trata de uma espécie bem ativa, para facilitar o processo, foi necessário o uso do anestésico eugenol, diluído em álcool 96° PA, tendo como base as indicações na literatura: para a fase inicial foi determinado o valor de $0,5$ mL L^{-1} para peixes até 10

gramas; 0,6 mL L⁻¹ para peixes até 20 gramas; 0,7 mL L⁻¹ para peixes até 30 gramas; 0,8 mL L⁻¹ para peixes até 40 gramas e 0,9 mL L⁻¹ para peixes até 50 gramas.

Diariamente pela manhã foi realizada a sifonagem e troca de água das estruturas de cultivo, em torno de 50% do volume de cada caixa (água de abastecimento com 0,26 de salinidade e pH 8,0), e depois da terceira alimentação era feita a sifonagem dos restos de ração e a reposição da água perdida nesse processo.

3.4 Biomassa de *Arthrospira platensis*

A farinha de *A. platensis* foi obtida do cultivo em tanques de recirculação em ambiente externo na Estação de Aquicultura Prof. Raimundo Saraiva da Costa do Departamento de Engenharia de Pesca (Figura 2). O processo de obtenção da biomassa foi realizado com a filtragem do material em tela de 60 µm, posteriormente submetido à lavagem com água para retirada do sal e finalmente seco em estufa a 60 °C. A biomassa seca de *A. platensis* foi então triturada em liquidificador industrial obtendo assim a farinha para utilização na suplementação das rações.

Figura 2 - Sistema de cultivo externo em recirculação da *Arthrospira platensis*.



Fonte: Autor.

3.5 Preparo das rações

Para a suplementação das rações testes e ração controle foi utilizada uma ração comercial, com a seguinte composição: 120 g kg⁻¹ umidade; 280 g kg⁻¹ (28%) proteína bruta; 35 g kg⁻¹ extrato etéreo; 125 g kg⁻¹ matéria mineral; 120 g kg⁻¹ fibra bruta; 35 g kg⁻¹ cálcio; 6000 mg kg⁻¹ fósforo.

Para o preparo, a ração foi triturada em liquidificador industrial e peneirada, sendo então misturada a farinha de *A. platensis*, tendo como aglutinante a gelatina em pó incolor e sem sabor (5%), diluída em 500 mL de água morna e adicionada aos ingredientes secos. O material foi homogeneizado até formar uma pasta e em seguida para formação dos péletes, a massa foi passada em um espremedor. Após esse procedimento os péletes foram colocados em bandejas e levados para estufa a 60 °C por 36 horas, sendo então triturados de acordo com o tamanho adequado para a fase do animal, e armazenadas em recipientes plásticos no freezer a -20 °C até o momento do uso.

3.6 Parâmetros de qualidade de água

Os parâmetros de qualidade de água foram analisados semanalmente. O oxigênio dissolvido (mg L⁻¹) foi verificado com uma Sonda HANNA (HI9146) e a temperatura com uma Sonda HANNA (HI9828). Esses dois parâmetros foram analisados diretamente nas estruturas de cultivo. O pH foi determinado em pHmetro de bancada. As concentrações de N-amônia total (mg L⁻¹), N-nitrito (mg L⁻¹), N-nitrato (mg L⁻¹) e fósforo reativo (mg L⁻¹) foram determinadas com auxílio de um espectrofotômetro modelo DR 2700 (HACH), seguindo os protocolos e reagentes específicos constantes no manual de instruções do equipamento.

3.7 Parâmetros de desempenho zootécnicos

Com os dados obtidos na biometria semanal de peso e comprimento foram determinados os seguintes parâmetros zootécnicos: Sobrevivência-S (%); Ganho de Peso-GP (g); Ganho de Peso Diário-GPD (g); Ganho de Biomassa (g);

Produtividade (kg m^{-3}); Crescimento Médio-CM (cm); Crescimento Médio Diário-CMD (cm); Taxa de Crescimento Específico-TCE (%); Conversão Alimentar Aparente-CAA; Eficiência Alimentar-EA (%); Índice de Eficiência Proteica-IEP (%); de acordo com as equações abaixo:

$$S(\%) = Nf * \frac{100}{Ni} \quad (1)$$

Onde:

S = taxa de sobrevivência (%);
Nf = número final de peixes;
Ni = número inicial de peixes.

$$GP(g) = PMf - PMi \quad (2)$$

Onde:

GB = ganho de peso (g);
PMf = peso médio final (g);
PMi = peso médio inicial (g).

$$GPD (g) = \frac{Gp}{T} \quad (3)$$

Onde:

GPD = ganho de peso médio diário (g dia^{-1}).
GP = ganho de peso (g).
T = tempo de cultivo (dias).

$$GB (g) = Bf - Bi \quad (4)$$

Onde:

GB = ganho de biomassa (g).
Bf = biomassa final (g);
Bi = biomassa inicial (g).

$$CM (cm) = CMf - CMi \quad (5)$$

Onde:

CM = crescimento médio (cm);
CMf = crescimento médio final (cm);
CMi = crescimento médio inicial (cm).

$$\text{CMD (cm)} = \frac{\text{CM}}{\text{T}} \quad (6)$$

Onde:

CMD = crescimento médio diário (cm dia⁻¹);

CM = ganho de peso (cm);

T = tempo de cultivo (dias).

$$\text{TCE (\%)} = \frac{\text{Ln Pf} - \text{Ln Pi}}{\text{T}} * 100 \quad (7)$$

Onde:

TCE = taxa de crescimento específico (%);

Ln = logaritmo neperiano e;

Pf = peso médio final (g);

Pi = peso médio inicial (g);

T = tempo de experimento (d).

$$\text{CAA} = \frac{\text{QR}}{\text{GB}} \quad (8)$$

Onde:

CAA = conversão alimentar aparente (g de ração g de peixe⁻¹);

QR = quantidade de ração consumida (g).

GB = ganho de biomassa (g).

$$\text{EA (\%)} = \text{GP} * \frac{100}{\text{QR}} \quad (9)$$

Onde:

EA = Eficiência Alimentar (%);

GP = ganho de peso (g);

QR = quantidade de ração consumida (g).

$$\text{IEP} = \frac{\text{GP}}{\text{QR}} \quad (10)$$

Onde:

IEP = índice de eficiência proteica;

GP = ganho de peso (g);

QR = quantidade de ração consumida (g).

3.8 Composição centesimal da ração e do filé

Para a análise da composição centesimal foram filetados quatro peixes de cada tratamento com comprimento de 13,39 cm e peso médio de 35,50 g, os filés

embalados a vácuo e armazenados à -18 °C até o dia da análise. Foram utilizadas 25 g de cada amostra. As análises foram realizadas no Laboratório de Tecnologia do Pescado – LATEPE, do Departamento de Engenharia de Pesca.

3.8.1 Umidade

As amostras foram homogeneizadas, e 2,0 gramas de cada amostra foram depositados em cadinhos previamente secos em estufa a 105 °C por 24 horas, até atingir um peso constante, e a umidade calculada segundo a equação:

$$U = \frac{V_2 - V_1}{V_2 - V_0} \times 100 \quad (11)$$

Onde:

U = umidade;

V₀ = peso do cadinho seco;

V₂ = peso do cadinho com amostra;

V₁ = peso do cadinho c/ amostra após secagem.

3.8.2 Lipídios

A determinação de lipídios foi realizada segundo a metodologia proposta por Soxhlet (AOAC, 2000), com a utilização da acetona como solvente extrator. Os balões de Soxhlet foram secos na estufa a 100-105 °C durante uma hora e em seguida foram pesados. Foram então adicionados 3,0 gramas da amostra em cartucho e colocados no extrator de Soxhlet, com adição de acetona nos balões (100 mL) e após extração por 2 horas (90 °C), os balões foram pesados e a determinação do teor de lipídios calculado segundo a equação:

$$\text{Lipídios Totais} = \frac{\text{peso balão com gordura} - \text{peso balão vazio seco}}{\text{peso da amostra}} \times 100 \quad (12)$$

3.8.3 Cinzas

O cálculo do teor de cinzas foi realizado conforme AOAC (2000), onde 2,0 g de cada amostra foram colocados em cadinhos previamente secos e postos no forno mufla até a total incineração das amostras a 550°C. O teor de cinzas nas amostras foi calculado segundo a equação:

$$C = \frac{V_1 - V_0}{V_2 - V_0} \times 100 \quad (13)$$

Onde:

V_0 = peso do cadinho;

V_1 = peso do cadinho + cinza;

V_2 = peso do cadinho + amostra.

3.8.4 Proteína

O teor de proteína bruta foi calculado a partir do método de Kjeldahl segundo a AOAC (2000) o qual se baseia na determinação do nitrogênio total da amostra que é convertido a proteína total multiplicando-se o valor encontrado pelo fator 6,25. Em papel vegetal foi pesado 0,2 gramas da amostra macerada, passadas para um balão de Kjeldahl e acrescentado 2,0 g de catalisador e 4 mL de H_2SO_4 concentrado. Os balões foram colocados no digestor de Kjeldahl e aquecidos brandamente no início (150 °C) e depois mais energicamente (350 °C) até o final da digestão (desaparecimento da cor escura). Em seguida as amostras foram levadas para o destilador de Kjeldahl, sendo neutralizadas com NaOH a 50% (10 mL). As amostras oriundas da destilação foram recebidas em erlenmeyer com 10 mL de solução de H_3BO_3 a 2%, contendo 3 gotas do indicador misto (verde de bromocresol e vermelho de metila). As amostras foram finalmente tituladas com HCl 0,02N ou 0,04N e realizado o cálculo segundo a equação:

$$\% N \text{ total} = \frac{(\text{Vol da Amostra} - \text{Vol do Branco}) \times 0,014 \times 0,04 \text{ N HCL} \times F}{\text{Peso da Amostra}} \times 100 \quad (14)$$

Onde:

$\% Pt = \% Nt \times 6,25$.

3.9 Análise da coloração da nadadeira anal

A análise da coloração da nadadeira anal das amostras foi realizada por meio de fotografias tiradas a 30 cm acima das amostras, de acordo com o protocolo descrito por Tlustý e Hyland (2005), com o auxílio de uma câmera Nikon Coolpix P510 digital com velocidade do obturador de 10 e abertura F16. As fotos foram realizadas em dois peixes de cada caixa, totalizando seis peixes por tratamento e as imagens foram analisadas com o software gratuito Adobe Photoshop® CS2 (versão 4.1).

A partir das fotografias digitais individuais, mensurou-se a coloração da nadadeira anal dos peixes utilizando-se os sistemas de coordenadas Hunter ($L^*a^*b^*$), onde o L^* representa brilho (-100, preto e +100, branco), a^* (-100, verde e +100 vermelho) e b^* (-100, azul e +100, amarelo). As fotografias inicialmente passaram por equilíbrio de cores, usando o software, usando-se os comandos no menu [Imagem]-[Ajustar]- [Níveis Automáticos] (REZENDE, 2006). As fotos foram abertas no modo Lab, selecionando o ponto da nadadeira a ser analisado, e anotando os valores correspondentes a cada variável ($L^*a^*b^*$).

3.10 Parâmetros hematológicos

Para a colheita e eutanásia dos peixes ao final do experimento foram empregadas às práticas recomendadas pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA), de acordo com as Diretrizes de Prática de Eutanásia do CONCEA (2013). O procedimento foi realizado através da anestesia cirúrgica para a colheita do sangue e para a eutanásia o método físico do resfriamento, uma vez que os peixes sacrificados foram armazenados em freezer a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ para posteriores análises de composição bioquímica do filé.

3.10.1 Colheita de sangue

Para colheita de sangue dos peixes, os mesmos foram previamente anestesiados a fim de mitigar o estresse, através do uso do anestésico eugenol

diluído em álcool 96° PA, na concentração 0,9 mL L⁻¹ de água. Para prevenir a coagulação do sangue foi utilizada uma solução de heparina líquida (heparina 5.000 UI mL = 1,0 mL em 50,0 mL de solução salina 0,65%).

Foi realizada a colheita de sangue de quatro (4) peixes por cada caixa, sendo doze (12) por tratamento e um total trinta e seis (36) peixes. Entre os métodos existentes para colheita de sangue, foi escolhido o corte do pedúnculo caudal, método indicado para peixes pequenos (RANZANI-PAIVA *et al.*, 2013). Com o auxílio de um bisturi fez-se o corte logo depois da nadadeira adiposa, seccionando o pedúnculo caudal e o sangue coletado com uma pipeta semiautomática de 100 µL, com as ponteiros contendo o anticoagulante (heparina). Cerca de 0,3 mL de sangue foi transferido para microtubos tipo Eppendorf (2,0 mL) e submetido as análises hematológicas.

3.10.2 Confeção das extensões sanguíneas

Após a colheita de sangue, foram confeccionadas as extensões sanguíneas, utilizando uma gota de sangue sem anticoagulante em uma lâmina de vidro e posteriormente realizada a coloração panótica.

3.10.3 Eritrograma

O eritrograma foi determinado através da contagem de eritrócitos ($10^6 \times \mu\text{L}^{-1}$), determinação do hematócrito (%) e da taxa de hemoglobina (g dL^{-1}), dos índices hematimétricos VCM (volume corpuscular médio-fL) HCM (hemoglobina corpuscular média-pg) e CHCM (concentração de hemoglobina corpuscular média-g dL^{-1}).

3.10.3.1 Contagem total de eritrócitos (células $\times 10^6 \mu\text{L}^{-1}$)

Os métodos para contagem global das células sanguíneas consistem geralmente em diluir o sangue, em proporção conhecida, com um líquido diluidor, e um dos mais utilizados na contagem total de eritrócitos é o líquido de Hayem, que

permite a conservação das células em estudo. A contagem de eritrócitos (células $\times 10^6 \mu\text{L}^{-1}$) foi quantificada em um modelo hematocítômetro Neubauer de acordo com Stoskopf (1993) descrita em (RANZANI- PAIVA *et al.*, 2013). Com 20 μL de sangue diluído em 4 mL de líquido de Hayem (1:200), os eritrócitos foram contados através da utilização de um microscópio com aumento de 400x, nos quadros marcados “H” na figura relativa ao retículo de Neubauer, ou seja, 1/5 de mm^2 .

$$\text{N}^\circ \text{ de eritrócitos contados} \times 10.000 = \text{no total de células}/\mu\text{L de sangue.} \quad (15)$$

3.10.3.2 Hematócrito (%)

A técnica utilizada foi validada por Goldenfarb *et al.* (1971), com auxílio de microcapilares de vidro e preenchido com 2/3 de seu volume total com sangue homogeneizado, tendo uma das extremidades vedadas com parafina, sendo então centrifugados a 10.000 rpm (7.280xg), durante 5 minutos. A leitura das camadas separadas com régua específica para determinação do volume de eritrócitos.

3.10.3.3 Dosagem da taxa de hemoglobina (g dL^{-1})

A determinação da taxa de hemoglobina foi realizada por espectrofotometria segundo o método cianometahemoglobina descrito por Collier (1944). Em um tubo de ensaio foram adicionados 5 mL de solução de Drabkin e em seguida 20 μL de sangue homogeneizado e levados para leitura da absorbância a 540nm, usando a solução de Drabkin como branco.

$$\text{Hemoglobina (g dL}^{-1}\text{)} = \text{Absorbância da amostra} \times \text{Fator de calibração} \quad (16)$$

Onde:

Fator de calibração = concentração do padrão (g dL^{-1}) / absorbância do padrão (nm).

3.10.3.4 Índices hematimétricos

Índices hematológicos ou hematimétricos foram determinados a partir da contagem global dos eritrócitos, taxa de hemoglobina e determinação do hematócrito, de acordo com Wintrobe (1934).

Volume corpuscular médio (VCM)

O volume médio dos eritrócitos, expresso em fentolitros (fL), foi determinado conforme equação abaixo e representa o quociente de um determinado volume de eritrócitos pelo número de células contidas no mesmo volume.

$$\text{VCM (fL)} = \frac{\text{Ht} \times 10}{\text{Eritrócitos}} \quad (17)$$

Onde:

Ht = Hematócrito (%).

Hemoglobina corpuscular média (HCM)

Esse parâmetro representa o quociente de conteúdo de hemoglobina em um determinado volume de eritrócitos pelo nº de células contidas no mesmo volume foi calculado segundo a equação abaixo, sendo expresso em picogramas (pg).

$$\text{HCM (pg)} = \frac{\text{Hb} \times 10}{\text{Eritrócitos}} \quad (18)$$

Onde:

Hb = concentração de hemoglobina (g dL⁻¹).

Concentração de hemoglobina corpuscular média (CHCM)

A percentagem de hemoglobina em 100 mL de eritrócitos foi determinada segundo a fórmula abaixo:

$$\text{CHCM (g dL)} = \frac{\text{Hb} \times 100}{\text{Ht}} \quad (19)$$

Onde:

Ht = hematócrito (%);

Hb = concentração de hemoglobina (g dL⁻¹).

3.10.4 Proteína plasmática total (PPT)

A Proteína plasmática total foi determinada quando da centrifugação do sangue para análise do hematócrito, onde foram retirados 20 μL de plasma do capilar centrifugado.

As amostras foram diluídas em 1 mL do reagente biureto e foram levadas ao espectrofotômetro para leitura a 545nm, previamente zerado com água destilada. Foi utilizado como padrão a solução de biureto na concentração de 4 g dL^{-1} e a PPT calculada segundo a equação:

$$\text{PPT (g dL}^{-1}\text{)} = \text{Absorbância da amostra} \times \text{Fator de calibração} \quad (20)$$

Onde:

Fator de calibração = concentração do padrão (g dL^{-1}) / absorbância do padrão.

3.10.5 Leucograma

O leucograma que corresponde à contagem global e específica dos leucócitos, representados pela leucometria e pelo estudo quantitativo e qualitativo dos glóbulos brancos, foi obtido conforme metodologia abaixo.

3.10.5.1 Contagem total de leucócitos ($\text{células} \times 10^4 \mu\text{L}^{-1}$)

A contagem de leucócitos totais foi determinada pelo modelo hematocitômetro de Neubauer segundo Stoskopf (1993), descrita por (RANZANI-PAIVA *et al.*, 2013). Cerca de 20 μL de sangue foram diluídos em 400 μL de líquido de Tuerck (1:20) e levados ao microscópio com aumento de 400x, para contagem de todos os leucócitos presentes nos quadros marcados “L” na figura relativa de Neubauer correspondendo a 4 mm^2 .

$$\text{N}^\circ \text{ total de leucócitos} \times 50 = \text{n}^\circ \text{ total de leucócitos/mm}^3 \text{ (ou microlitro-}\mu\text{L)}. \quad (21)$$

3.10.5.2 Contagem diferencial de leucócitos

A contagem diferencial de leucócitos do sangue como indicador de imunidade foi descrita por Dacie e Lewis (1984). Para isso foi feito a coloração com o corante panótico rápido, onde os esfregaços já confeccionados no momento da colheita de sangue foram corados e deixados à temperatura ambiente para a secagem, sendo depois protegidos com papel filtro e armazenados em recipientes apropriados até o momento das contagens.

Para diferenciação os esfregaços foram observados em um microscópio (aumento de 400x), identificando cada célula (linfócitos; neutrófilos; monócitos; eosinófilos) sendo então realizada a contagem de 100 leucócitos para o cálculo percentual de cada uma das células analisadas.

3.11 Análise estatística

As análises estatísticas foram realizadas no software BioEstat 5.0. (2012), cujos dados de parâmetros de desempenho zootécnicos, qualidade de água, coloração, composição centesimal do filé e ração e dos parâmetros hematológicos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) simples ($p < 0,05$), com determinações das médias \pm desvio padrão (SD) para as três repetições, e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Composição centesimal das rações

Os valores médios da composição centesimal das rações suplementadas com a farinha de *Arthrospira platensis* e da dieta controle utilizadas no experimento estão descritas na Tabela 1.

Tabela 1 - Composição centesimal das rações utilizadas no cultivo de alevinos de tambatinga alimentados com diferentes concentrações de *Arthrospira platensis* suplementadas em ração comercial (controle).

PARÂMETRO	TRATAMENTO		
	Controle	T-01 (20%)	T-02 (40%)
Umidade (%)	6,16 ± 1,54 ^a	5,75 ± 0,22 ^a	5,80 ± 0,20 ^a
Cinzas (%)	10,45 ± 1,40 ^a	10,72 ± 0,21 ^a	9,49 ± 0,04 ^a
Lipídios (%)	3,52 ± 0,06 ^a	4,12 ± 0,06 ^b	4,58 ± 0,12 ^c
Proteína Bruta (%)	28,11 ± 0,37 ^a	32,59 ± 0,97 ^b	39,03 ± 0,44 ^c

Os valores representam as médias ± desvio padrão. Letras diferentes na mesma linha representam diferença estatística significativa ($p < 0,05$).

Fonte: Autor.

As médias de umidade e cinzas não apresentaram diferença estatística entre os tratamentos. O percentual de cinzas representa a matéria mineral, que normalmente contém minerais, tais como cálcio, fósforo, potássio e magnésio, e o teor considerado normal de cinzas nas rações para peixes varia de 7 a 12%, enquanto que para a umidade o desejável é que os valores estejam em torno de 13%, o que é indicado para que as rações possam ser armazenadas a temperaturas ambientes (CHAPMAN; MILES, 2009).

O teor de lipídios das rações que receberam suplementação com *Arthrospira platensis* apresentou um incremento de 17,04% no T-01 (20% de *A. platensis*) e 30,11% no T-02 (40% de *A. platensis*) em relação à ração controle, apresentando diferença estatística significativa entre os tratamentos ($p < 0,05$). Os lipídios são combustíveis metabólicos que podem ser utilizados para obtenção de energia pelos organismos aquáticos, com nível ótimo variando em função de fatores

como o ambiente, hábito alimentar, temperatura e fase de desenvolvimento (GARCIA *et al.*, 2012).

Nos últimos anos, em virtude do aumento contínuo no preço dos ingredientes, alguns fabricantes passaram a recomendar o uso de rações com reduzidos níveis de proteína (entre 22 e 24%) para peixes redondos e outras espécies de peixes onívoros. Com essas rações mais baratas, vêm à promessa e a expectativa de reduzir o custo de produção. Contudo, isso não ocorre em virtude do baixo teor proteico penalizar demasiadamente o crescimento e a conversão alimentar (KUBITZA, 2004).

Houve diferença significativa nos valores de proteína bruta (PB) nas rações experimentais ($p < 0,05$), em decorrência dos níveis de suplementação com *A. platensis* na ração controle que apresentou $28,11 \pm 0,37\%$ de PB, a ração do T-01 (20% de *A. platensis*) apresentou $32,59 \pm 0,97\%$ de PB, um acréscimo de 15,93%. Já a ração do T-02 (40% de *A. platensis*) alcançou $39,03 \pm 0,44\%$ de PB, um aumento de 38,84% na dieta. Esse incremento se deve a fonte utilizada na suplementação ser altamente proteica, devido à adição da farinha de *A. platensis* que continha 54,25% de PB, 5,54% de umidade, 12,75% de cinzas e 3,20% de lipídios (ALBUQUERQUE, 2015).

Níveis excessivos de proteína na dieta não são economicamente e ambientalmente saudáveis, uma vez que a proteína é o componente alimentar mais caro e seu excesso aumenta a excreção de resíduos nitrogenados (GATLIN, 2010).

4.2 Qualidade de água

Os valores médios obtidos durante o cultivo experimental estão detalhados na Tabela 2. Oxigênio dissolvido, temperatura e pH não apresentaram diferenças estatística significativas entre os tratamentos ($p > 0,05$) e com valores dentro da faixa ideal para a espécie cultivada. Os valores de amônia total (NH_3) também não apresentaram diferença estatística entre os tratamentos ($p > 0,05$), apresentando valores mais elevados conforme maior suplementação na dieta, no T-01 (20% de *A. platensis*) e T-02 (40% de *A. platensis*).

Tabela 2 - Parâmetros de qualidade da água do cultivo de alevinos de tambatinga alimentados com diferentes concentrações de *Arthrospira platensis* suplementadas em ração comercial (controle).

PARÂMETRO	TRATAMENTO		
	Controle	T-01 (20%)	T-02 (40%)
Oxigênio dissolvido (mg L ⁻¹)	4,80 ± 0,52 ^a	4,75 ± 0,56 ^a	4,62 ± 0,47 ^a
Temperatura (°C)	26,46 ± 0,38 ^a	26,48 ± 0,33 ^a	26,60 ± 0,36 ^a
pH	8,35 ± 0,15 ^a	8,36 ± 0,23 ^a	8,36 ± 0,26 ^a
Amônia-NH ₃ (mg L ⁻¹)	2,67 ± 1,95 ^a	2,91 ± 2,51 ^a	3,08 ± 3,35 ^a
Nitrito-NO ₂ ⁻ (mg L ⁻¹)	0,07 ± 0,56 ^a	1,66 ± 2,80 ^{ab}	3,88 ± 3,29 ^b
Nitrato-NO ₃ ⁻ (mg L ⁻¹)	2,38 ± 2,58 ^a	3,58 ± 2,57 ^{ab}	7,65 ± 5,39 ^b
Fosfato-PO ₄ ³⁻ (mg L ⁻¹)	0,93 ± 1,13 ^a	1,95 ± 1,89 ^a	1,14 ± 0,68 ^a

Os valores representam as médias ± desvio padrão. Letras diferentes na mesma linha representam diferença estatística significativa (p<0,05).

Fonte: Autor.

Todos os organismos vivos têm limites toleráveis de parâmetros de qualidade da água em que possuem melhor desempenho, os quais são caracterizados pela quantidade adequada de oxigênio, temperatura, transparência, níveis limitados de metabolitos e outros fatores ambientais essenciais para a sobrevivência e crescimento dos peixes (BHATNAGAR; DEVI, 2013).

Os valores ideais de oxigênio dissolvido devem estar acima de 4,0 mg L⁻¹, e níveis inferiores a esse deixam os peixes estressados, tendo sua alimentação e crescimento prejudicados (LIMA *et al.*, 2013).

Para a criação de peixes tropicais nativos da Bacia do Pantanal, Bacia do São Francisco e Bacia Amazônica a faixa de temperatura ideal de cultivo varia entre 26 e 30 °C (MORAES, 2012). Segundo Sá (2012), a faixa ideal de pH para um desenvolvimento adequado, permitindo que os peixes possam expressar todo potencial genético para crescimento e reprodução, varia de 6,5 a 9,0.

Na piscicultura intensiva, a principal fonte de compostos nitrogenados incorporados à água é a alimentação (PEREIRA; MERCANTE, 2005). Os valores de amônia total (NH₃) ficaram acima dos valores considerados seguros para o cultivo de

peixes, sendo ligeiramente mais elevados nos tratamentos com suplementação de *Arthrospira platensis* na ração.

Contudo, não houve diferença estatística entre os tratamentos, podendo ser justificado pelo processo de suplementação da ração não ser industrial e pelo processo de lixiviação da ração em contato com a água, ocorre uma rápida liberação dos pigmentos da microalga (fontes de nitrogênio), que contribuiu para o aumento dessa concentração.

A exposição contínua dos peixes a concentrações de amônia tóxica acima de $0,02 \text{ mg L}^{-1}$ pode causar irritação e inflação das brânquias, atraso no crescimento e maior susceptibilidade ao manuseio e a doenças, acima de $0,05 \text{ mg L}^{-1}$ pode ocasionar mortalidade (KUBITZA, 2013). Apesar dos valores elevados, não houve mortalidade durante o período de cultivo, tal fato pode ser atribuído aos valores de temperatura em torno de $26 \text{ }^{\circ}\text{C}$ e pH na faixa de 8,3 conforme observado na Tabela 2 estão dentro do limite ideal, uma vez que a forma tóxica é dependente desses parâmetros. Assim, quanto mais elevado for o pH e temperatura, maior será a porcentagem da amônia total presente como NH_3 , forma não ionizada, que é a forma mais tóxica (PEREIRA; MERCANTE, 2005).

Quando essa concentração supera $0,5 \text{ mg L}^{-1}$ é indicado realizar a troca de água e aumentar a aeração, que também reduz essa quantidade pelo processo de nitrificação e movimentação da água (SÁ, 2012). Diariamente foi realizada a troca de 50% do volume de água das estruturas de cultivo pela manhã.

Os valores de nitrito e nitrato foram mais elevados nos tratamentos que receberam a suplementação, apresentando diferença significativa ($p < 0,05$) entre o tratamento T-02 com 40% de *A. platensis* e o controle, ficando acima do limite seguro. Entretanto, a água de abastecimento utilizada nas trocas diárias apresentava salinidade de 0,26, evitando problemas relacionados ao nitrito. Os íons cloreto, quando presentes em quantidades adequadas na água, se associam aos receptores de nitrito nas células das brânquias dos peixes, impedindo a absorção deste composto tóxico (KUBITZA, 2007).

O ortofosfato (ou fósforo reativo) não apresentou diferença significativa entre os tratamentos ($p > 0,05$), sendo ligeiramente mais elevado no tratamento com 20% de *A. platensis*. Todavia, ultrapassaram os limites recomendados pelo

Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), onde de acordo com a resolução N° 357/2005 estabelece o limite máximo de 0,03 mg L⁻¹ de fósforo reativo para ambientes lênticos e 0,05 mg L⁻¹ para ambientes intermediários, com tempo de residência de água de 2 - 40 dias, tornando-se necessário o tratamento do efluente antes da descarga ou reutilização (BRASIL, 2005).

4.3 Desempenho zootécnico

A suplementação alimentar com *A. platensis* teve efeito positivo no desempenho zootécnico dos alevinos de tambatinga. O peso médio final (g peixe⁻¹) foi mais elevado nos tratamentos que receberam suplementação, apresentando diferença significativa ($p < 0,05$) entre o tratamento T-02 (40% de *A. platensis*) e o controle. Já o tratamento T-01 (20% de *A. platensis*), apesar de ligeiramente maior que o controle, não apresentou diferença estatística, o mesmo ocorrendo entre o T-01 e T-02, conforme apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 - Desempenho zootécnico de alevinos de tambatinga alimentados com diferentes concentrações de *Arthrospira platensis* suplementadas em ração comercial (controle).

PARÂMETRO	TRATAMENTO		
	Controle	T-01 (20%)	T-02 (40%)
Peso médio final (g peixe ⁻¹)	31,84 ± 8,24 ^a	35,92 ± 10,08 ^{ab}	38,83 ± 6,76 ^b
Ganho em peso (g peixe ⁻¹)	28,01 ± 6,91 ^a	32,37 ± 4,06 ^a	35,27 ± 3,13 ^a
Ganho em peso diário (g dia ⁻¹)	0,44 ± 0,11 ^a	0,51 ± 0,06 ^a	0,56 ± 0,05 ^a
Crescimento final (cm)	13,12 ± 1,11 ^a	13,45 ± 0,59 ^a	13,60 ± 0,51 ^a
Crescimento médio (cm semana ⁻¹)	7,27 ± 1,11 ^a	7,75 ± 0,59 ^a	7,80 ± 0,51 ^a
Crescimento diário (cm dia ⁻¹)	0,11 ± 0,02 ^a	0,12 ± 0,01 ^a	0,12 ± 0,01 ^a
TCE (% dia ⁻¹)	3,43 ± 0,24 ^a	3,67 ± 0,26 ^a	3,79 ± 0,22 ^a

Os valores representam as médias ± desvio padrão. Letras diferentes na mesma linha representam diferença estatística significativa ($p < 0,05$).

Fonte: Autor.

Os resultados de ganho em peso (g peixe⁻¹) e ganho em peso diário (g dia⁻¹) foram mais elevados conforme o nível de suplementação na dieta. No T-01

(20% de *A. platensis*) houve 15% de ganho em peso com relação ao controle, já no T-02 (40% de *A. platensis*) ganho de 25,91%, no entanto, não apresentaram diferença estatística. De acordo com os resultados observa-se o potencial da *A. platensis* como suplemento para incorporação na dieta de peixes, através de um melhor desenvolvimento dos animais com maior ganho de peso.

O crescimento em comprimento total, comprimento médio semanal e diário não apresentaram diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos ($p > 0,05$). A taxa de crescimento específico - TCE ($\% \text{ dia}^{-1}$) é uma relação entre o peso final com o peso inicial e o tempo de cultivo, expresso em porcentagem, podendo ser influenciada pela fase, densidade de estocagem e manejo alimentar (GRANADO, 2000). O crescimento da espécie no experimento apresentou valores superiores nos tratamentos com suplementação de *A. platensis*, porém não houve diferença estatística significativa.

Durante o cultivo não ocorreu mortalidade em nenhum dos tratamentos, apresentando ao final uma sobrevivência de 100%. A Tabela 4 mostra que, apesar das dietas com suplementação terem elevado os valores dos compostos nitrogenados, não foram suficientes para causarem estresse ao ponto de chegar a mortalidades.

Tabela 4 - Sobrevivência e desempenho produtivo de alevinos de tambatinga alimentados com diferentes concentrações de *Arthrospira platensis* suplementadas em ração comercial (controle).

PARÂMETRO	TRATAMENTO		
	Controle	T-01 (20%)	T-02 (40%)
Sobrevivência (%)	100 ^a	100 ^a	100 ^a
Biomassa Final (g)	244,19 ± 68,32 ^a	287,31 ± 31,29 ^a	310,64 ± 23,26 ^a
Ganho em Biomassa (g)	216,70 ± 65,32 ^a	258,96 ± 32,47 ^a	282,16 ± 25,05 ^a
Produtividade (kg m^{-3})	4,21 ± 1,38 ^a	4,80 ± 0,52 ^a	5,20 ± 0,38 ^a
Índice de Eficiência Proteica	0,32 ± 0,04 ^a	0,39 ± 0,03 ^{ab}	0,40 ± 0,02 ^b

Os valores representam as médias ± desvio padrão. Letras diferentes na mesma linha representam diferença estatística significativa ($p < 0,05$).

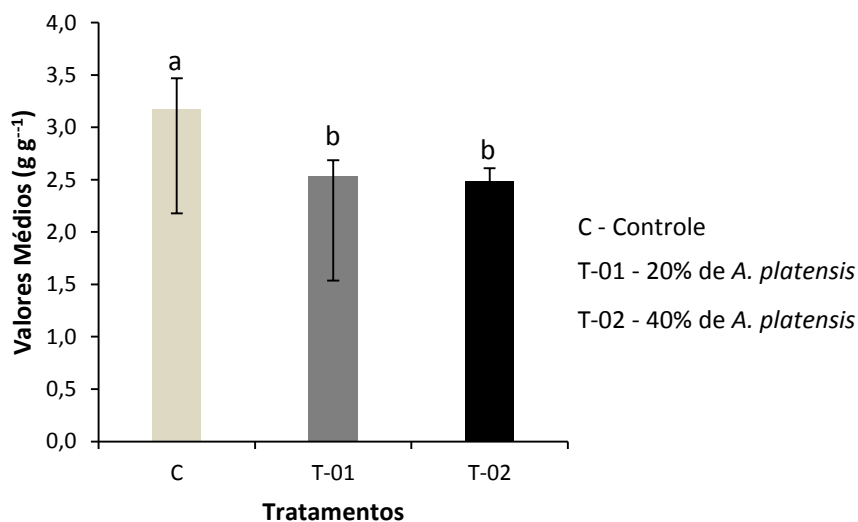
Fonte: Autor.

Os valores de biomassa final (g), ganho em biomassa (g) e produtividade (kg m^{-3}) foram maiores nos tratamentos que receberam suplementação, com um aumento no ganho de biomassa de 19,50% no T-01 (20% de *A. platensis*) e 30,20% no T-02 (40% de *A. platensis*) em relação ao controle.

Houve diferença estatística ($p < 0,05$) no índice de eficiência proteica entre o tratamento T-02 (40% de *A. platensis*) e o controle, o tratamento T-01 (20% de *A. platensis*) não apresentou diferença estatística entre o controle e também com o T-02 (40% de *A. platensis*). O índice de eficiência proteica (IEP) relaciona ganho em peso com consumo de proteína na dieta (ARBELÁEZ-ROJAS; FRACALLOSSI; FIM, 2002).

Os valores de CAA (g g^{-1}) apresentaram diferenças estatística ($p < 0,05$) entre os tratamentos que receberam suplementação e o controle, Gráfico 1, com valores de $3,18 \pm 0,29$ no controle, $2,54 \pm 0,15$ no T-01 (20% de *A. platensis*) e $2,49 \pm 0,12$ no T-02 (40% de *A. platensis*), o que mostra a eficiência na conversão alimentar das dietas que receberam *A. platensis* comparadas ao controle. A conversão alimentar aparente (CAA) corresponde ao consumo de ração do animal em um período de tempo/ganho de peso.

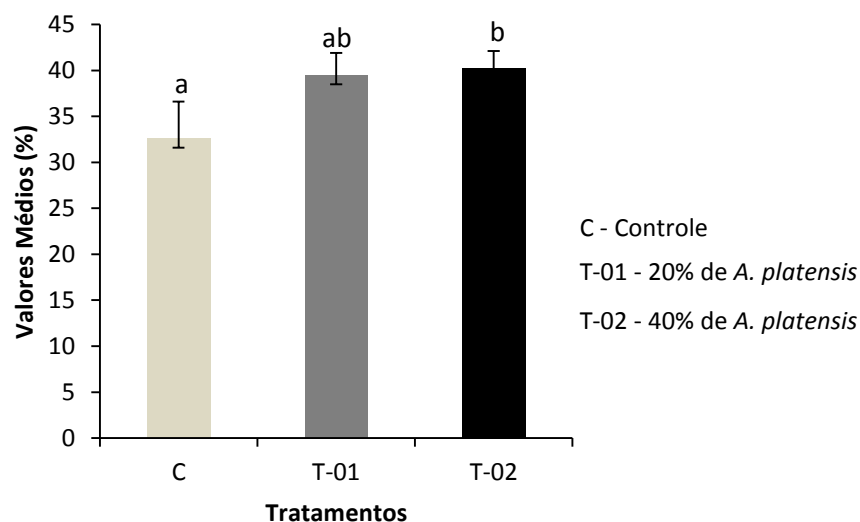
Gráfico 1 - Conversão alimentar aparente de alevinos de tambatinga alimentados com diferentes concentrações de *Arthrospira platensis* suplementadas em ração comercial (controle).



Estes resultados ainda são considerados elevados, uma vez que o valor ideal para o cultivo de peixes encontra-se na faixa de 0,9-1,5:1, no entanto para espécies de peixes nativos redondos, ainda é observada a dificuldade em formulações de rações que diminuam esse valor. Segundo Kubitza (2004), a conversão alimentar para o tambaqui e seus híbridos com rações contendo 28% de PB é de 3,7, e se a ração for suplementada com vitamina C, o valor cai para 1,76:1,0. De acordo com trabalhos realizados por Faria *et al.* (2012) os autores sugerem como valor satisfatório para peixes redondos cultivados em tanques o valor de 1,65:1,0.

Nos valores médios de eficiência alimentar (%) houve diferença estatística entre o tratamento T-02 (40% de *A. platensis*) e controle ($p < 0,05$), enquanto que entre o T-01 (20% de *A. platensis*) e o controle e também com T-02 não ocorreu diferença significativa, Gráfico 2.

Gráfico 2 - Eficiência alimentar de alevinos de tambatinga alimentados com diferentes concentrações de *Arthrospira platensis* suplementadas em ração comercial (controle).



Fonte: Autor.

Eficiência alimentar (%) é o ganho de peso médio por peixe no tratamento/consumo médio de ração por indivíduo. Claramente é a eficiência dos animais em converter a ração consumida em peso vivo. Os valores foram de

32,60 ± 4,0% no controle, 39,50 ± 2,40% no T-01 e no T-02 40,22 ± 1,88%, com aumento de 23,37% entre o T-02 e o controle.

De acordo com Kubitzka (2012), se o produtor trabalhar em todas as fases em busca de eficiência alimentar poderá ter uma redução muito significativa no custo total de produção e outro benefício de uma alimentação eficiente é o melhor aproveitamento da proteína (nitrogênio) da ração.

Em pesquisa sobre os efeitos da suplementação com *A. platensis* no crescimento de alevinos de *catfish* (*Clarias gariepinus*), os resultados mostraram que a dieta contendo 5% kg⁻¹ de ração apresentou crescimento favorável (ganho em peso, taxa de crescimento específica) quando comparado com os alevinos que receberam 3% kg⁻¹ de suplementação e o controle (PROMYA; CHITMANAT, 2011).

No estudo sobre o efeito da substituição da farinha de peixe na alimentação da tilápia vermelha por *A. platensis* sobre o crescimento e composição de carcaça, os resultados mostraram que o desempenho de crescimento (peso final, ganho em peso, ganho em peso diário e taxa de crescimento específico) aumentou com o aumento da substituição até 75%, podendo ser ocasionado devido à melhoria do consumo de ração e à digestibilidade dos nutrientes (EL-SHEEKH *et al.*, 2014).

4.4 Composição centesimal dos filés

As médias da composição centesimal encontrada nos filés de tambatinga encontram-se na Tabela 5. O teor de umidade do filé apresentou valores dentro do encontrado em pescados que varia de 60 a 85% (OGAWA; MAIA, 1999). Houve diferença estatística entre os tratamentos T-02 (40% de *A. platensis*) e o controle ($p < 0,05$), onde o percentual de umidade do T-02 foi menor em relação ao mesmo.

Não houve diferença estatística nos valores de cinzas e lipídios entre os tratamentos. Os valores de lipídios apresentaram percentuais considerados baixos, portanto uma vantagem para o consumo e processamento do filé dessa espécie.

Tabela 5 - Composição centesimal dos filés de alevinos de tambatinga alimentados com diferentes concentrações de *Arthrospira platensis* suplementadas em ração comercial (controle).

PARÂMETRO	TRATAMENTO		
	Controle	T-01 (20%)	T-02 (40%)
Umidade (%)	80,76 ± 0,49 ^a	80,53 ± 0,04 ^{ab}	79,96 ± 0,14 ^b
Cinzas (%)	1,16 ± 0,05 ^a	1,12 ± 0,4 ^a	1,16 ± 0,20 ^a
Lipídios (%)	2,81 ± 0,24 ^a	2,10 ± 0,16 ^a	2,24 ± 0,66 ^a
Proteína Bruta (%)	15,39 ± 0,24 ^a	16,03 ± 0,20 ^b	17,00 ± 0,25 ^c

Os valores representam as médias ± desvio padrão. Letras diferentes na mesma linha representam diferença estatística significativa ($p < 0,05$).

Fonte: Autor.

Conhecer a composição centesimal ou a composição química de um alimento é um fator essencial para tomadas de decisões de caráter dietário (LIMA; MUJICA; LIMA, 2012).

De acordo com Lima, Mujica e Lima (2012), a preocupação em consumir alimentos mais saudáveis, que apresentem baixos teores de gordura, livres de colesterol e produzidos sem o uso de produtos químicos, tem contribuído para um incremento na demanda do consumo de pescado. Baixos valores de extrato etéreo são desejáveis, uma vez que elevados teores na carcaça pioram as características organolépticas da carne (PONTES *et al.*, 2010).

Os valores médios de proteína no filé indicam que o aumento de proteína da dieta foi utilizado para a deposição de proteína corporal e não como fonte energética para deposição de gordura. Houve diferença estatística entre os tratamentos ($p < 0,05$), onde o percentual foi maior conforme mais elevado nível de suplementação na dieta com *A. platensis*, tendo um incremento de 4,15% no T-01 (20% de *A. platensis*) e 10,46% do T-02 (40% de *A. platensis*) em relação ao tratamento controle.

A substituição da farinha de peixe pela farinha de *A. platensis* na dieta de *Pangasianodon gigas* em diferentes concentrações (0, 5, 10 e 100%) mostrou incremento de proteína na carcaça do peixe conforme aumentou a suplementação, com valores de $20,71 \pm 1,02$, $20,82 \pm 0,20$ e $21,54 \pm 0,72\%$, respectivamente, em

relação ao controle que foi de $18.81 \pm 0.33\%$, tendo como melhor resultado a substituição de 10% (TONGSIRI; MANG-AMPHAN; PEERAPORNPISAL, 2010).

4.5 Análise da Coloração da nadadeira anal

Os resultados de coloração no sistema de coordenadas Hunter ($L^*a^*b^*$) da nadadeira anal conforme destacado na Figura 3, apresentaram diferença estatística entre os tratamentos ($p < 0,05$) Tabela 6.

Tabela 6 - Valores médios dos índices de coloração da nadadeira anal em coordenadas Hunter ($L^*a^*b^*$) obtidos em fotografias digitais pelo software Adobe PhotoShop CS2®, de alevinos de tambatinga alimentados com diferentes concentrações de *Arthrospira platensis* suplementadas em ração comercial (controle).

PARÂMETRO	TRATAMENTO		
	Controle	T-01 (20%)	T-02 (40%)
L*	$26,18 \pm 2,93^a$	$15,00 \pm 1,90^b$	$8,50 \pm 0,55^c$
a*	$38,67 \pm 7,60^a$	$30,50 \pm 4,64^a$	$17,33 \pm 3,27^b$
b*	$34,00 \pm 2,03^a$	$17,33 \pm 3,82^b$	$6,17 \pm 1,47^c$

Os valores representam as médias \pm desvio padrão. Letras diferentes na mesma linha representam diferença estatística significativa ($p < 0,05$).

Fonte: Autor.

A coordenada L^* , que representa o brilho, apresentou diferença estatística entre os tratamentos ($p < 0,05$), com valores maiores no controle e diminuindo conforme a aumento no nível de suplementação com *A. platensis*.

Valores mais próximos do zero indicam coloração mais escura (0, preto e +100, branco). A coordenada a^* apresenta a variação da coloração entre verde e vermelho (-100, verde e +100, vermelho), cujos resultados mostraram que houve diferença estatística ($p < 0,05$) entre o controle e tratamento T-01 (20% de *A. platensis*) com o tratamento T-02 (40% de *A. platensis*). No controle e no T-01 os valores foram mais elevados, indicando coloração para o vermelho, já no T-02 (com valor menor) a coloração tem direção para o vermelho escuro e verde.

Houve diferença estatística entre os tratamentos ($p < 0,05$) nos valores obtidos com a coordenada b^* (-100, azul e +100, amarelo). O tratamento T-02 (40% de *A. platensis*) apresentou menor valor entre os tratamentos, mostrando uma coloração mais escura no sentido do tom azulado, o T-01 (20% de *A. platensis*) apresentou valor e coloração no vermelho intenso, já o controle o valor maior indica direção mais para o amarelo com menor intensidade.

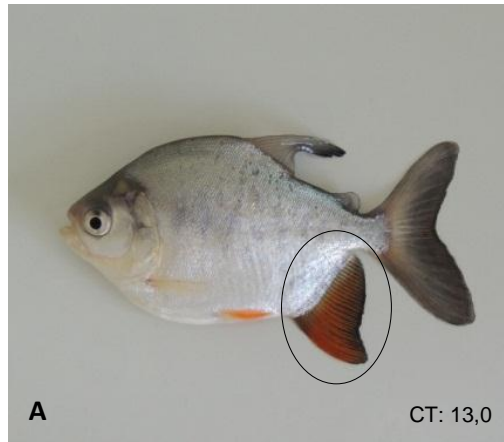
A coloração da nadadeira anal na espécie apresentou coloração laranja no grupo de peixes do tratamento controle, como pode ser observado na Figura 3 e vermelho acentuado no T-01 (20% de *A. platensis*) e vermelho escuro no T-02 (40% de *A. platensis*), o que mostra a intensificação da coloração da nadadeira anal influenciada pelos carotenóides presentes no suplemento utilizado, uma característica importante para a comercialização de espécies de peixes.

Os pigmentos presentes em plantas, algas e microorganismos são responsáveis pelo amplo espectro de cores nos peixes, e como não podem ser sintetizados por eles, uma fonte externa que contenha esses pigmentos deve ser incorporada nas dietas artificiais, que é um pré-requisito essencial para a qualidade, como também para buscar preços mais elevados no mercado comercial (GARCÍA-CHAVARRÍA; LARA-FLORES, 2013).

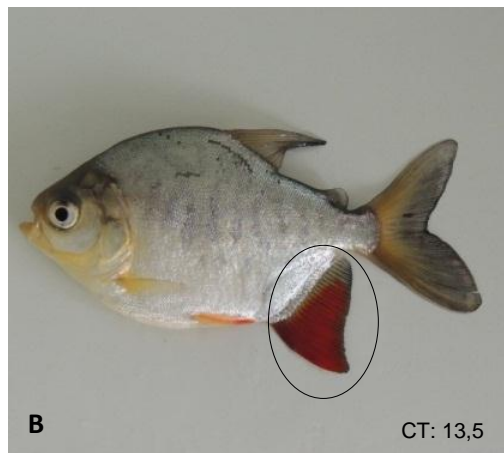
Os carotenóides são um grupo de mais de 600 pigmentos naturais lipossolúveis que são sintetizados principalmente pelo fitoplâncton, algas e plantas (EZHI; NARAYANAN, 2013). A utilização da *A. platensis* como fonte de pigmento carotenóides para gouramis azul (*Trichogaster trichopterus* Pallas) em concentração de $4,0 \text{ g kg}^{-1}$ na dieta foi eficaz na pigmentação da espécie (ALAGAPPAN; SINHA, 2004).

Em trabalho realizado por Teimouri, Amirkolaie e Yeganeh (2013), sobre os efeitos da *A. platensis* como suplemento alimentar de refeição sobre o desempenho de crescimento e pigmentação da Truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*), os resultados demonstraram o potencial em induzir a pigmentação da pele e filé do peixe, o que poderia afetar a qualidade no mercado e aceitabilidade, indicando que, com o aumento nos níveis de suplementação em relação ao controle, os valores das coordenadas a^* b^* aumentam, apontando os níveis ideais entre 7,5 e 10,0 % na dieta.

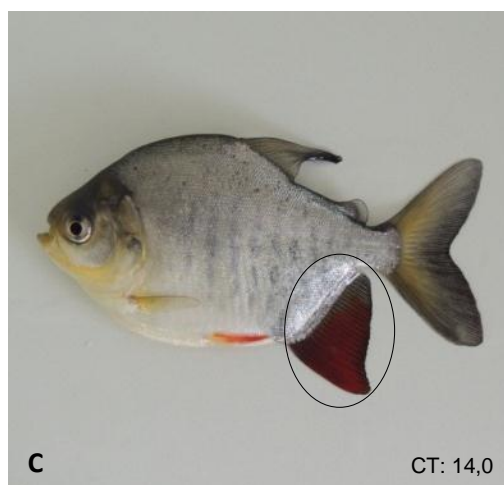
Figura 3 - Fotografias dos espécimes utilizadas para análise da coloração da nadadeira de alevinos de tambatinga alimentados com diferentes concentrações de *Arthrospira platensis* suplementadas em ração comercial (controle).



(A) Controle.



(B) 20% de *A. platensis*



(C) 40% de *A. platensis*

Fonte: Autor.

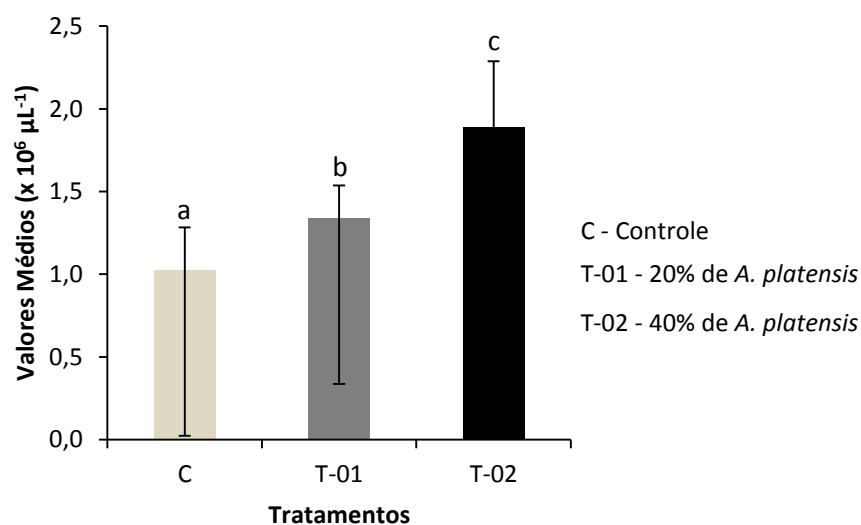
4.6 Parâmetros hematológicos

Os parâmetros hematológicos e bioquímicos têm sido reconhecidos como ferramentas valiosas para monitorar a saúde dos peixes, maturação e monitoramento das alterações ambientais como a qualidade da água, do solo (SATHEESHKUMAR *et al.*, 2011).

4.6.1 Eritrograma

Na contagem total de eritrócitos houve diferença significativa entre os tratamentos ($p < 0,05$), apresentando aumento conforme maior nível de suplementação na dieta com *A. platensis*. A contagem total de eritrócitos no tratamento controle foi de $1,02 \pm 0,26 \times 10^6 \mu\text{L}^{-1}$, no T-01 (20% de *A. platensis*) foi de $1,34 \pm 0,20 \times 10^6 \mu\text{L}^{-1}$ e no T-02 (40% de *A. platensis*) de $1,89 \pm 0,40 \times 10^6 \mu\text{L}^{-1}$, Gráfico 3. Os eritrócitos são as células dominantes na circulação sanguínea da grande maioria das espécies de peixes (VAZQUEZ; GUERRERO, 2007).

Gráfico 3 - Número de eritrócitos totais de alevinos de tambatinga alimentados com diferentes concentrações de *Arthrospira platensis* suplementadas em ração comercial (controle).

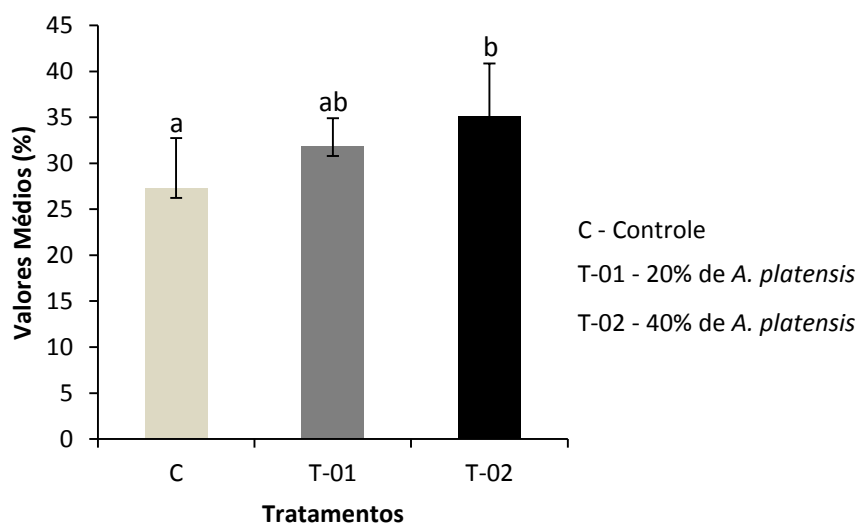


Fonte: Autor.

O número de eritrócitos totais nos tratamentos T-01 (20% de *A. platensis*) e T-02 (40% de *A. platensis*) de suplementação foram 31,37% e 85,29% respectivamente, mais elevados em relação ao tratamento controle. A contagem de glóbulos vermelhos é quase sempre parte da análise e este teste pode ajudar a diagnosticar anemias e outras condições que afetam as células vermelhas do sangue (BUNN, 2011).

Conforme ilustrado no Gráfico 4, os valores de hematócrito foram maiores com maior suplementação de *A. platensis* na dieta, onde ocorreram diferença estatística significativa ($p < 0,05$) entre o tratamento T-02 (40% de *A. platensis*) em relação ao tratamento controle. Reflete a proporção de eritrócitos no sangue em relação à quantidade de leucócitos, trombócitos e plasma sanguíneo, e se caracterizando por ser um dos parâmetros hematológicos mais confiáveis, devido a pouca variabilidade e baixa margem de erros durante a sua determinação (RANZANI-PAIVA *et al.*, 2013).

Gráfico 4 - Hematócrito em alevinos de tambatinga alimentados com diferentes concentrações de *Arthrospira platensis* suplementadas em ração comercial (controle).



Fonte: Autor.

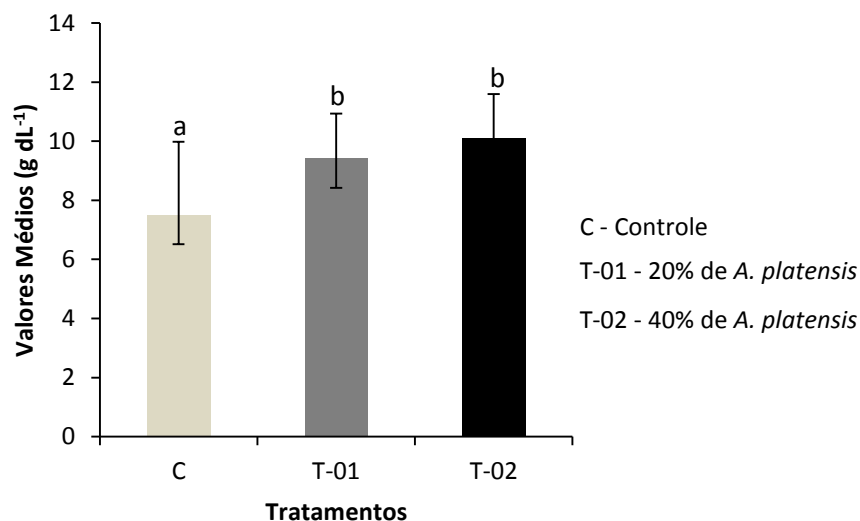
Os valores foram de 27,24 ± 5,52% para o controle, de 31,81 ± 3,10% no T-01 (20% de *A. platensis*) e 35,05 ± 5,83% para o T-02 (40% de *A. platensis*).

Resultados semelhantes foram obtidos por Ibrahem, Mohamed e Ibrahim (2013) que observaram o aumento do hematócrito (%) conforme aumentou o nível de *A. platensis* na dieta da tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*).

Ocorreu diferença estatística significativa na concentração de hemoglobina entre os tratamentos que receberam suplementação e o controle, entre o T-01 (20% de *A. platensis*) e o controle ($p < 0,05$) e entre o T-02 (40% de *A. platensis*) e o controle ($p < 0,05$) conforme pode ser observado no Gráfico 5.

Entre os tratamentos que receberam suplementação não foi observado diferença estatística significativa, sendo os valores de $9,42 \pm 1,52 \text{ g dL}^{-1}$ no T-01 (20% de *A. platensis*) e $10,12 \pm 1,48 \text{ g dL}^{-1}$ no T-02 (40% de *A. platensis*) já o controle o valor foi de $7,51 \pm 2,47 \text{ g dL}^{-1}$.

Gráfico 5 - Concentrações de hemoglobina em alevinos de tambatinga alimentados com diferentes concentrações de *Arthrospira platensis* suplementadas em ração comercial (controle).



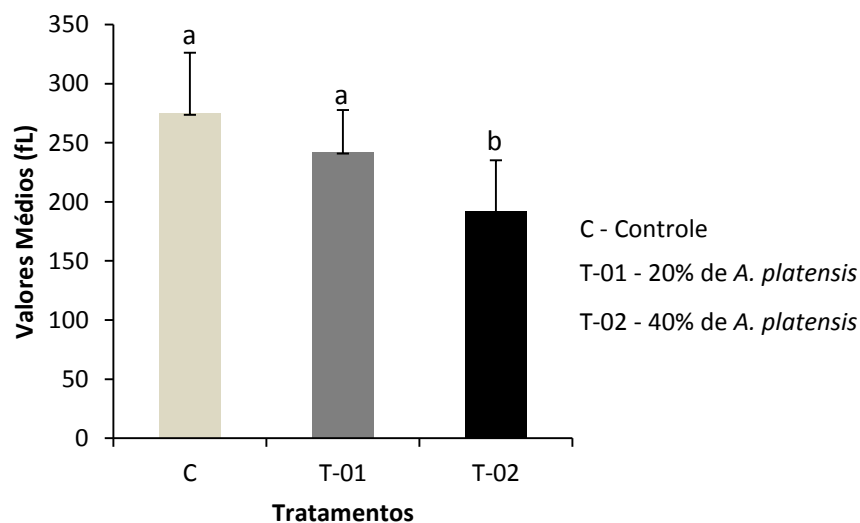
Fonte: Autor.

A hemoglobina no sangue transporta oxigênio dos órgãos respiratórios (pulmões ou das guelras) para o resto do corpo, isto é, os tecidos, liberando o oxigênio para queimar nutrientes e fornecer energia para as funções do organismo além de recolher o produto resultante dióxido de carbono para trazê-lo de volta para os órgãos respiratórios e ser dispensados do organismo (ETIM *et al.*, 2013). A

redução da hemoglobina pode significar menor capacidade de transporte de gases no interior do corpo (ARAÚJO *et al.*, 2011).

O volume corpuscular médio (VCM) mede o tamanho das hemácias sendo utilizado para diagnosticar a ocorrência de anemias. Os resultados obtidos nos tratamentos estão apresentados no Gráfico 6. Os valores mostraram-se mais elevados no controle e o T-01 (20% de *A. platensis*), ocorrendo diferença estatística ($p < 0,05$) entre esses tratamentos e o T-02, isso foi devido ao fato do T-02 (40% de *A. platensis*) apresentar número mais elevado de eritrócitos, variável utilizada na determinação do cálculo do VCM. No controle o valor foi de $274,77 \pm 51,40$ fL, $241,80 \pm 35,96$ fL no T-01 (20% de *A. platensis*) e no T-02 (40% de *A. platensis*) obteve-se $191,77 \pm 43,52$ fL.

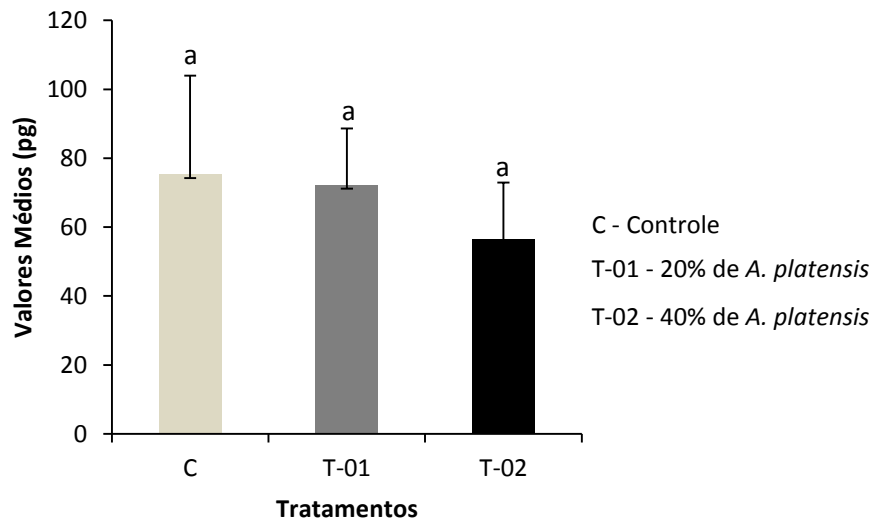
Gráfico 6 - Volume corpuscular médio em alevinos de tambatinga alimentados com diferentes concentrações de *Arthrospira platensis* suplementadas em ração comercial (controle).



Fonte: Autor.

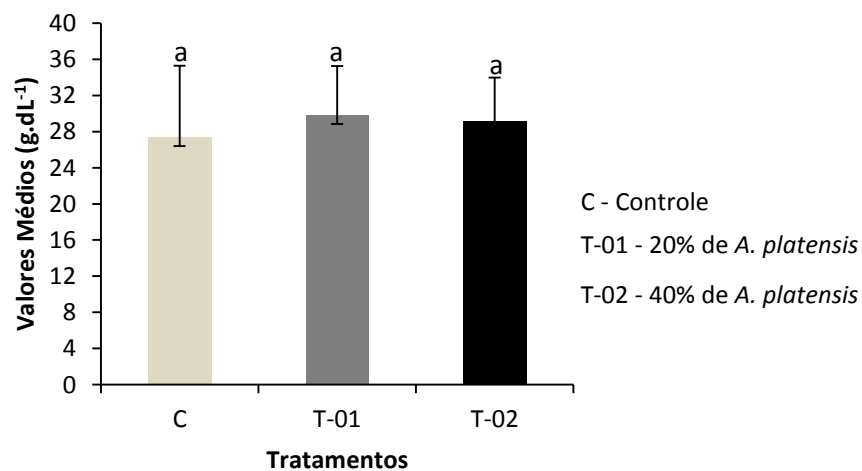
Não foram observadas diferenças estatística significativa nos valores de hemoglobina corpuscular média (HCM) como pode ser observado no Gráfico 7. Os valores foram de $75,24 \pm 28,72$ pg no controle, $72,12 \pm 16,47$ pg no T-01 (20% de *A. platensis*) e no T-02 (40% de *A. platensis*) o valor foi de $56,35 \pm 16,53$ pg.

Gráfico 7 - Hemoglobina corpuscular média em alevinos de tambatinga alimentados com diferentes concentrações de *Arthrospira platensis* suplementadas em ração comercial (controle).



Fonte: Autor.

Gráfico 8 - Concentração de hemoglobina corpuscular média em alevinos de tambatinga alimentados com diferentes concentrações de *Arthrospira platensis* suplementadas em ração comercial (controle).



Fonte: Autor.

Também não ocorreram diferenças estatística significativa na concentração de hemoglobina corpuscular média (CHCM), Gráfico 8. Os valores foram de $27,41 \pm 7,88 \text{ g dL}^{-1}$ no controle, $29,85 \pm 5,39 \text{ g dL}^{-1}$ no T-01 (20% de *A. platensis*) e $29,16 \pm 4,83 \text{ g dL}^{-1}$ no T-02 (40% de *A. platensis*).

Os valores médios dos índices hematimétricos, como descrito na literatura, podem variar por meio da concentração de hemoglobina, hematócrito e número de eritrócitos. Estas variações podem ser decorrentes do estresse do animal provocado por variações no ambiente de cultivo ou dietas com formulações inadequadas a espécie (RANZANI-PAIVA *et al.*, 2013).

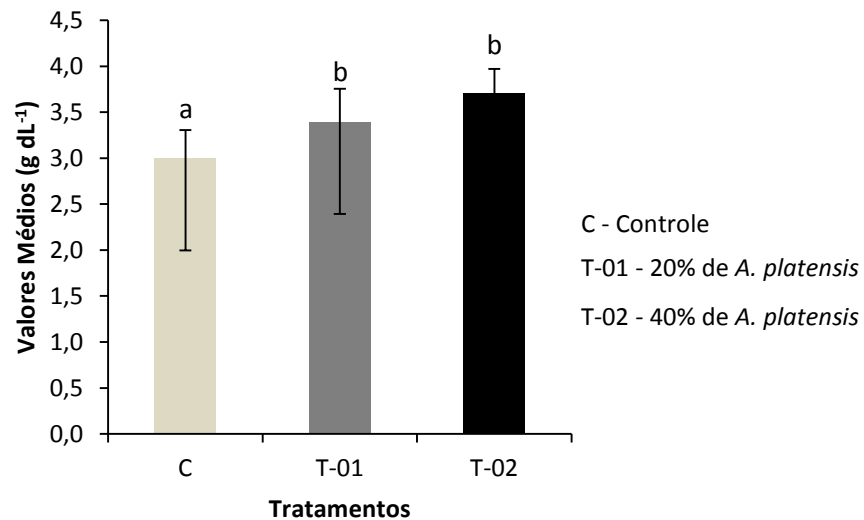
O hematócrito, a concentração de hemoglobina e a contagem total do número hemácias podem ser indicadores da capacidade de transporte de oxigênio dos peixes, relacionando-se, dessa forma, a concentração de oxigênio disponível no habitat de origem do animal (SILVA; LIMA; BLANCO, 2012).

Tanto os glóbulos vermelhos, como a hemoglobina e os índices hematimétricos são usados para ajudar a diagnosticar a causa da anemia, uma condição em que há muito poucas células vermelhas do sangue, sendo definida com base no volume corpuscular médio (VCM) e hemoglobina corpuscular média (HCM) (ETIM *et al.*, 2013).

Nos valores de proteína plasmática total houve diferença estatística significativa entre os tratamentos que receberam suplementação e o controle, como mostra o Gráfico 9. Ocorreu diferença estatística ($p < 0,05$) entre o T-01 (20% de *A. platensis*) e T-02 (40% de *A. platensis*) em relação ao controle, com resultados de $3,00 \pm 0,31 \text{ g dL}^{-1}$ no controle, $3,39 \pm 0,36 \text{ g dL}^{-1}$ no T-01 (20% de *A. platensis*) e $3,70 \pm 0,27 \text{ g dL}^{-1}$ no T-02 (40% de *A. platensis*).

A determinação da concentração de proteína total em acompanhamento ao hemograma se torna útil para o diagnóstico de anemias e refere se a todas as proteínas do plasma, compostas pela albumina e pelas globulinas. Conforme observado no Gráfico 9, pode se notar a eficiência da *A. platensis*, gerando benefícios aos animais que consome dietas com essa suplementação.

Gráfico 9 - Proteína plasmática total de alevinos de tambatinga alimentados com diferentes concentrações de *Arthrospira platensis* suplementadas em ração comercial (controle).



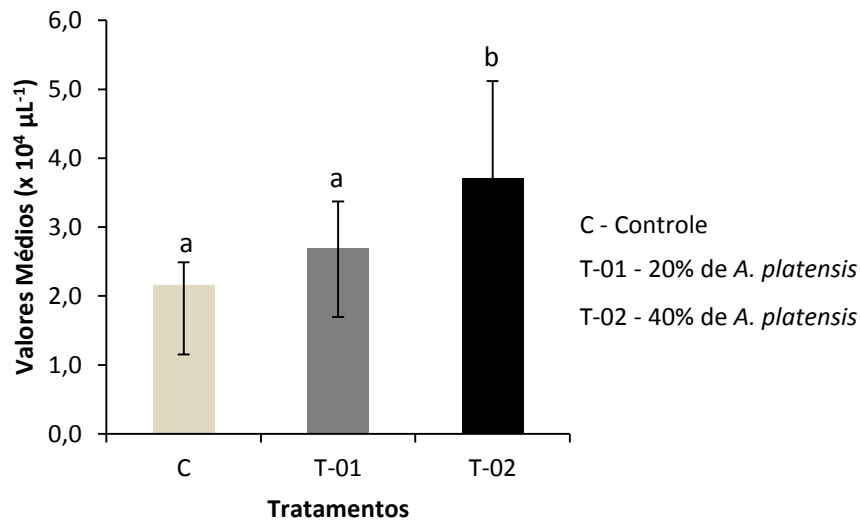
Fonte: Autor.

4.6.2 Leucograma

Os valores foram mais elevados foram observados com o aumento do nível de suplementação com *A. platensis* na dieta, apresentando diferença estatística significativa entre o T-02 (40% de *A. platensis*) em relação ao controle ($p < 0,05$) e em relação ao T-01 (20% de *A. platensis*) de acordo com o Gráfico 10. Os resultados da contagem total foram de $2,15 \pm 0,34 \times 10^4 \mu\text{L}^{-1}$ para o controle, $2,69 \pm 0,68 \times 10^4 \mu\text{L}^{-1}$ no T-01 (20% de *A. platensis*) e no T-02 (40% de *A. platensis*) $3,71 \pm 1,41 \times 10^4 \mu\text{L}^{-1}$, um aumento de 72% do T-02 em relação ao controle. O leucograma corresponde à determinação e à avaliação da série de células brancas do sangue, os leucócitos, também chamadas de glóbulos brancos.

O aumento de leucócitos pode ser observado no início de um estresse na maioria das espécies de peixes, sendo considerado como uma tentativa de recuperar a homeostase em desequilíbrio, enquanto que o decréscimo pode ser atribuído pelo enfraquecimento do sistema imunológico (SILVA; LIMA; BLANCO, 2012).

Gráfico 10 - Número de leucócitos totais de alevinos de tambatinga alimentados com diferentes concentrações de *Arthrospira platensis* suplementadas em ração comercial (controle).



Fonte: Autor.

A *A. platensis* suplementada na dieta da carpa comum (*Cyprinus carpio*), por exemplo, melhorou o sistema imunológico ativando as funções dos leucócitos, tais como fagocitose e produção de superóxido e produção de citocinas (WATANUKI *et al.*, 2006).

Em estudo feito por El-Sheekh *et al.* (2014), com a substituição da farinha de peixe na alimentação da tilápia vermelha por *A. platensis*, os peixes alimentados com dietas suplementadas exibiram maiores números na contagem total de eritrócitos e leucócitos, em comparação com os peixes alimentados com a dieta controle.

A Tabela 7 mostra a contagem diferencial de leucócitos, onde o percentual de linfócitos apresentou diferença estatística significativa ($p < 0,05$) entre o T-02 (40% de *A. platensis*) e controle, com valores mais elevados no tratamento que recebeu 40% de suplementação. A contagem maior de neutrófilos ocorreu no controle, onde apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) em relação ao T-01 (20% de *A. platensis*) e T-02 (40% de *A. platensis*). O maior percentual de monócitos se deu no T-02, apresentando diferença estatística ($p < 0,05$) em relação ao controle. Já

o número de eosinófilos não apresentou diferença estatística significativa entre os tratamentos.

Tabela 7 - Contagem diferencial de leucócitos de alevinos de tambatinga alimentados com diferentes concentrações de *Arthrospira platensis* suplementadas em ração comercial (controle).

PARÂMETRO	TRATAMENTO			Referência ¹
	Controle	T-01 (20%)	T-02 (40%)	
Linfócitos (%)	67,67±4,29 ^a	71,75±5,94 ^{ab}	74,25±7,02 ^b	50,5
Neutrófilos (%)	28,75±4,29 ^a	22,67±4,25 ^b	18,67±4,40 ^b	45,0
Monócitos (%)	1,83±0,94 ^a	3,25±2,01 ^{ab}	3,50±1,73 ^b	3,0
Eosinófilos (%)	1,75±1,54 ^a	2,83±2,37 ^a	3,58±2,94 ^a	1,5

Os valores representam as médias ± desvio padrão. Letras diferentes na mesma linha representam diferença estatística significativa ($p < 0,05$).

¹Valores normais para um peixe considerado saudável de acordo com Ranzani-Paiva *et al.* (2013).

Fonte: Autor.

Como pode ser observado, houve uma relação inversa no percentual de linfócitos e neutrófilos nos tratamentos que receberam a suplementação. Isso foi devido à influência da *A. platensis* no sistema imune, uma vez que o número de neutrófilos quando elevado é sinal de estresse no ambiente de cultivo e assim o organismo já se prepara para realizar suas defesas.

Conforme Ranzani-Paiva *et al.* (2013), os neutrófilos são as principais células responsáveis pela defesa do organismo contra infecções bacterianas, realizando a fagocitose destes agentes.

Os linfócitos atuam no organismo animal como uma das principais estruturas de defesa, interagindo em um complexo de células e moléculas específicas, que tem por função reconhecer agentes agressores, defender, manter a integridade e a homeostasia (equilíbrio) do organismo (NETO *et al.*, 2009). A redução do número de linfócitos pode ser indício de efeito estressante aos peixes cultivados (FUJIMOTO *et al.*, 2007).

Os monócitos atuam na reação inflamatória e resposta imunológica nas quais ocorre a fagocitose, sendo de extrema importância aos mecanismos de defesa do hospedeiro (SILVA; LIMA; BLANCO, 2012). De acordo com Thrall *et al.* (2007),

também possuem habilidade citotóxica não-específicas, apresentando um aumento da atividade fagocítica de antígenos bacterianos ou induzida pela liberação de fatores ativadores de macrófagos através da inoculação dos patógenos mortos ou de seus produtos.

Os eosinófilos apresentam percentual pequeno na circulação sanguínea de peixes em geral, participam no sistema imune na eliminação de parasitas multicelulares e certas infecções (RANZANI-PAIVA *et al.*, 2013).

A suplementação alimentar com *A. platensis* melhorou os parâmetros hematológicos do catfish (*Clarias gariepinus*) com valores de 1,25, 2,5 e 5,0 g de *A. platensis* kg⁻¹ da dieta, tendo os melhores resultados com o valor de 5,0 g, mostrando a eficiência como imunoestimulante e assim grande potencial de uso na alimentação de peixes (SAYED; FAWZY, 2014).

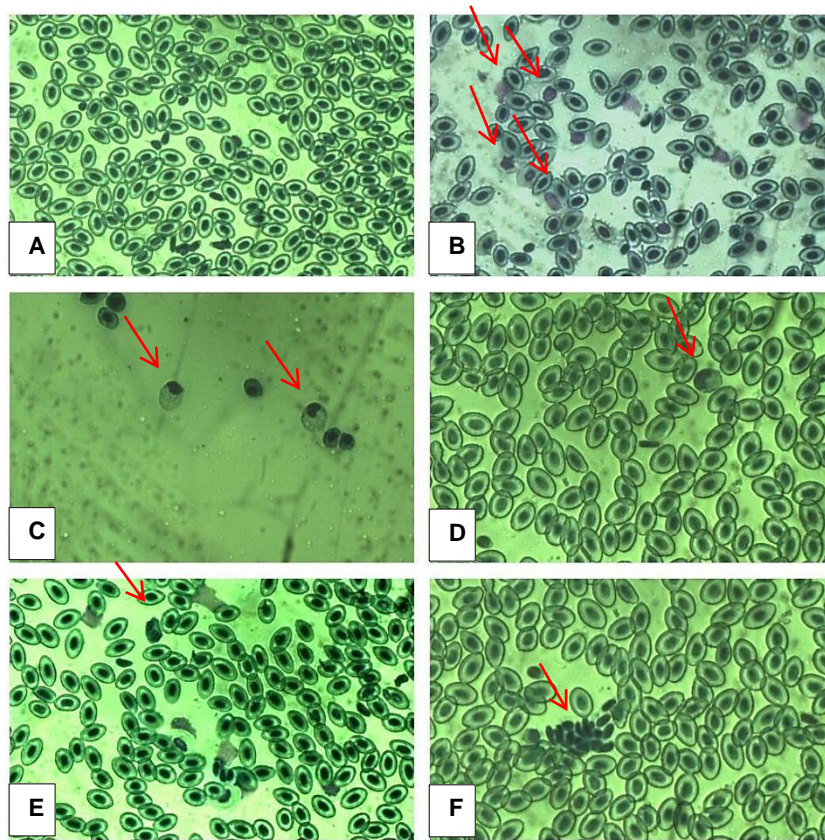
Dietas com *A. platensis* influenciaram positivamente o desempenho de crescimento e eficiência alimentar de *Cyprinus carpio*, bem como a resistência à infecção com *Aeromonas hydrophila* (BAI; REDDY; KALARANI, 2014).

A eficiência da *A. platensis* está na sua capacidade de melhorar o crescimento, sobrevivência e função imunológica não específica contra patógenos em peixes, bem como na sua ação quimioprotetora (IBRAHEM; MOHAMED; IBRAHIM, 2013).

As morfologias das células sanguíneas dos peixes apresentam ampla variação quando comparadas com outras espécies animais, e até mesmo dentro de um grupo de peixes, ocorrendo variações, em números e formas. Na Figura 4 estão ilustrados os tipos de células encontradas nas análises hematológicas do tambatinga.

Os resultados obtidos no presente trabalho evidenciam que as células predominantes na circulação sanguíneas dos peixes foram os eritrócitos, variando morfologicamente de ovais à elipsoidal com núcleo central (A). Os linfócitos apresentaram-se predominantemente arredondados, de tamanho variado, com o citoplasma basofílico e sem granulações visíveis (B). Os neutrófilos mostraram-se arredondados com núcleo em forma de bastonete e cromatina nuclear pouco compactada sem nucléolo visível (C).

Figura 4 - Morfologia dos leucócitos obtidos na contagem diferencial de leucócitos de alevinos de tambatinga alimentados com diferentes concentrações de *Arthrospira platensis* suplementadas em ração comercial (controle).



(A) Eritrócitos; (B) Linfócitos; (C) Neutrófilos; (D) Monócito; (E) Eosinófilo;

(F) Agregação de trombócitos.

Fonte: Autor.

Foram encontrados monócitos como células grandes de forma esférica, ocasionalmente arredondada, ou apresentando-se irregulares ou polimorfismo. Seu núcleo foi caracterizado por ser pequeno, excêntrico, com cromatina densa e não sendo observada a presença de nucléolo (D). Já os eosinófilos encontrados foram relativamente pequenos, variando de acordo com a quantidade e o tamanho de grânulos no citoplasma (E). Os trombócitos foram caracterizados como células elípticas com núcleo fusiforme e com intensa vacuolização (F).

Peixes com em estágio de anemia apresentam uma quantidade elevada de células em diversos estágios de desenvolvimento (eritroblastos) (SATAKE *et al.*, 2009).

De acordo com a morfologia das células pode se constatar que apresentavam formas normais para peixes teleósteos descritas por Tavares-Dias *et al.* (1999); Fujimoto *et al.* (2007); Ranzani-Paiva *et al.* (2013); SOUSA *et al.* (2013).

5 CONCLUSÃO

Em sua maioria, os parâmetros de qualidade de água estiveram dentro da faixa ideal para a espécie. Apesar dos compostos nitrogenados terem apresentado concentrações mais elevadas nos tratamentos que receberam suplementação, não ocasionaram mortalidades.

Os índices de desempenho zootécnico foram ligeiramente maiores conforme o aumento no nível de suplementação, com valores significativos no ganho em peso, conversão alimentar aparente e eficiência alimentar.

A farinha de *Arthrospira platensis* mostrou-se eficaz no enriquecimento das rações, aumentando o percentual de proteína bruta das dietas, melhorando o desenvolvimento dos animais. Também foi efetiva no aumento da composição proteica dos filés dos peixes que receberam suplementações, sendo ideal para aumentar as taxas de proteína e manter o percentual de gordura em quantidades ideais para o consumo humano.

Na coloração, essa suplementação teve efeito significativo no incremento da cor característica da nadadeira, onde os animais do tratamento T-01 (20% de *A. platensis*) apresentaram coloração bem acentuada no vermelho, tornando o peixe mais competitivo e atraente ao mercado consumidor, isso devido aos pigmentos carotenóides encontrados na *A. platensis*.

Os parâmetros hematológicos foram superiores nos tratamentos que receberam a suplementação em relação à dieta controle, com destaque para o número total de eritrócitos, hematócrito, concentração de hemoglobina, leucócitos totais e proteína plasmática total, onde um aumento nesses parâmetros indica uma melhoria no sistema imunológico dos peixes.

Conforme a pesquisa realizada, o nível mais indicado para a suplementação em dietas de alevinos de tambatinga foi de 20% de farinha de *A. platensis*, pois maximiza os benefícios anteriormente expostos em relação ao desempenho zootécnico, à composição proteica do filé, à coloração e ao sistema imunológico, concomitantemente à minimização dos custos e manutenção da boa qualidade de água.

REFERÊNCIAS

ABDULRAHMAN, N.M. Evaluation of *Spirulina* spp. as food supplement and its effect on growth performance of common carp fingerlings. **International Journal of Fisheries and Aquatic Studies**, v.2, p.89-92, 2014.

ALAGAPPAN, M. SINHA, A. Utilization of *spirulina* algae as a source of carotenoid pigment for blue gouramis (*Trichogaster trichopterus* Pallas). **Journal Of Aquaculture & Aquatic Sciences**, v.10, n.1, p.1-11, 2004.

ALBUQUERQUE, L.F.G. **Parâmetros hematológicos e bromatológicos na alevinagem de tilápias do nilo, alimentadas com ração suplementada com *Spirulina (Arthrospira) platensis***. 2015. 54 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Pesca) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015.

ALGAEBASE. 2016. Disponível em <<http://www.algaebase.org/search/taxonomy>> acesso em 11/01/2016.

ARAUJO, D.M.; PEZZATO, A.C.; BARROS, M.M.; PEZZATO, L.E.; NAKAGOME, F.K. Hematologia de tilápias do nilo alimentadas com dietas com óleos vegetais e estimuladas pelo frio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.46, n.3, p.294-302, mar. 2011.

ARBELÁEZ-ROJAS, G.A.; FRACALOSSO, D.M.; FIM, J.D.I. Composição corporal de tambaqui, *Colossoma macropomum*, e matrinxã, *Brycon cephalus*, em sistemas de cultivo intensivo, em Igarapé, e semi-intensivo, em viveiros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.3, p.1059-1069, 2002.

BAI, S.D.; REDDY, D.C.; KALARANI, V. Influence of *Spirulina* on Growth and Immunity of the Fingerlings common carp, (*Cyprinus carpio*, L.1758), challenged with Pathogenic *Aeromonas hydrophila*. **International Journal Of Pharmacy & Life Sciences**, v.5, p.3590-3602. June, 2014.

BHATNAGAR, A.; DEVI, P. Water quality guidelines for the management of pond fish culture. **International journal of environmental sciences**, v.3, n.6, p.1980-2009, 2013.

BOSCOLO, W.R.; SIGNOR, A.; FREITAS, J.M.A.; BITTENCOURT, F.; FEIDEN, A. Nutrição de peixes nativos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.145-154, 2011.

BRASIL. **BOLETIM ESTATÍSTICO DA PESCA E AQUICULTURA 2011**. 2013. Disponível em <<http://www.mpa.gov.br/publicações>> acesso em 19/08/2015.

BUNN, H. F. Approach to the anemias. In: GOLDMAN, L., SCHAFFER, A. I. eds. **Cecil Medicine**. 24th ed. Philadelphia, Pa: Saunders Elsevier, 161. 2011.

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

CHAPMAN, F.; MILES, R. Interpreting a Fish Food Package Label. **FA159**. Program in Fisheries and Aquatic Sciences in the School of Forest Resources and Conservation, UF/IFAS Extension. Dec, 2009. Disponível em <<https://edis.ifas.ufl.edu/pdf/files/FA/FA15900.pdf>> acesso em 28/11/2015.

Brasil. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. **Resolução nº 357 de 17 de março de 2005**. Classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para seu enquadramento. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, 2005.

CONCEA. Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA). 2013. Disponível em www.cobea.org.br acesso em 15/07/2015.

DACIE, J.V.; LEWIS, S.M. **Practical Haematology**. Churchill Living Stone. London, New York, 32 p. 1984.

COLLIER, H.B. The standardization of blood haemoglobin determinations. **Cano Med. Ass. Jour.** 50: 550-552. 1944.

DARMONT M, SALAYA JJ. Ensayo de cultivo de la cachama *Colossoma macropomum* Cuvier 1818, en jaulas flotantes rígidas. Mem Asoc Latinoam Acuicult 5: 465-479. 1984.

DELHI, S.; BAI, D.; C. REDDY, C.; KALARANI, V. Influence of Spirulina on Growth and Immunity of the Fingerlings common carp, (*Cyprinus carpio*, L.1758), challenged with Pathogenic *Aeromonas hydrophila*. **Int. J. of Pharm. Life Sci**, v.5, p.3590-3602. June, 2014.

DINIZ, G.S.; BARBARINO, E.; OIANO-NETO, J.; PACHECO, S.; LOURENÇO, S.O. Gross chemical profile and calculation of nitrogen-to-protein conversion factors for nine species of fishes from coastal waters of Brazil. **Latin American Journal of Aquatic Research**. Res., v.41, p.254-264, 2013.

EL-SHEEKH, M.; EL-SHOUBAGY, I.; SHALABY, S.; HOSNY, S. Effect of Feeding *Arthrospira platensis* (*Spirulina*) on Growth and Carcass Composition of Hybrid Red Tilapia (*Oreochromis niloticus* x *Oreochromis mossambicus*). **Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v.14, p.471-478, 2014.

ETIM, N.N.; ENYENIHI, G.E.; WILLIAMS, M.E.; UDO, M.D.; OFFIONG, E.E.A. Haematological Parameters: Indicators of the Physiological Status of Farm Animals. **British Journal of Science**, v.10, p.33-45. Dec, 2013.

EZHIL, J.; NARAYANAN, M. Enhancement of Pigmentation in Blue Morph, *Pseudotropheus lombardoi* Through Feeding Different Carotenoid Sources. **World Journal of Fish and Marine Sciences**, v.5, p.655-659, 2013.

FARIA, R.R.P.; SIRQUEIRA, R.C.; MOREIRA, A.S.M.; MORAES, P.C.G.; CARNEIRO, I.D.; NETO, A.A.L.; FERNANDES, A.C.; SILVA, F.C.; SOUZA, M.F.; ABREU, L.C.; ARAÚJO, E.A.; FERRO, J.X. Índices zootécnicos para cultivo de peixes (sistemas tanques-redes e escavados) no Estado de Goiás. Secretaria de Agricultura, Pecuária e Irrigação – Disponível em www.seagro.go.gov.br Acesso em 20/07/2015.

- FUJIMOTO, R.Y.; CASTRO, M.P.; MARTINS, M.L.; MOARES, F.R.; MONFORT, K.C.F. Parâmetros sanguíneos de pacu *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887) alimentados com dietas suplementadas com cromo trivalente em duas densidades de estocagem. **Acta Sci. Anim. Sci.** Maringá, v.29, n.4, p.465-471, 2007.
- GARCIA, A.S.; GONÇALVES, L.V.G.; CAVALLI, R.O.; VIEGAS, E.M.M. Lípidios: In: FRACALOSI, D.M.; CYRINO, J.E.P. **Nutriaqua: nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira**. Florianópolis: Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, 2012. XXIII, 375 p.
- GARCÍA-CHAVARRÍA, M.; LARA-FLORES, M. The use of carotenoid in aquaculture. **Research Journal of Fisheries and Hydrobiology**, v.8, p.38-49, 2013.
- GATLIN, D.G. Principles of Fish Nutrition. **Southern Regional Aquaculture Center SRAC**. Publication n.5003. July, 2010.
- GOLDENFARB, P.B.; BOWYER, F.P.; HALL, E.; BROSIOS, E. Reproducibility in the hematology laboratory: the microhematocrit determination. **American Journal of Clinical Pathology**, v.56, n.1, p.35-39, 1971.
- GRANADO, A. Efecto de La densidad de cultivo sobre el crecimiento del morocoto, *Piaractus brachypomus*, CUVIER, 1818, (PISCES: CHARACIFORMES), confinado en jaulas flotantes. **Saber**, v.12, n.2, p.3-7, 2000.
- HADJINIKOLOVA, L.; NIKOLOVA L.; STOEVA, A. Comparative investigations on the nutritive value of carp fish meat (*Cyprinidae*), grown at organic aquaculture conditions. **Bulgarian Journal of Agricultural Science**, v.14, N.2, p.127-132, 2008.
- HAGHIGHI, M.; ROHANI, M. S. The effects of powdered ginger (*Zingiber officinale*) on the haematological and immunological parameters of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. **J. Med. Plant Herbal Ther. Res.-JMPHTR**, v.1, p.8-12, 2013.
- IBRAHEM, M.D.; MOHAMED, M.F.; IBRAHIM, M.A. The Role of *Spirulina platensis* (Arthrospira platensis) in Growth and Immunity of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) and Its Resistance to Bacterial Infection. **Journal of Agricultural Science**. v.5, n.6, 2013.
- ISHIKAWA, M.M.; PÁDUA, S.B.P.; SATAKE, F.; PIETRO, P.S.; HISANO, H. Procedimentos básicos para colheita de sangue em peixes. **Circular Técnica**. EMBRAPA, Dourados, MS. Julho, 2010.
- KAMBLE, S.P.; GAIKAR, R.B.; PADALIA, R.B.; SHINDE, K.D. Extraction and purification of C-phycoerythrin from dry *Spirulina* powder and evaluating its antioxidant, anticoagulation and prevention of DNA damage activity. **Journal of Applied Pharmaceutical Science**, vol.3, p.149-153, Aug, 2013.
- KRISHNAVENI, R.; PALANIVELU, K.; VELAVAN, S. Effects of probiotics and *Spirulina* supplementation on haemato-immunological function of *catla catla*. **International Journal of Research in Fisheries and Aquaculture**, v.3, p.176-181, 2013. Disponível online em <<http://www.urpjournals.com>> acesso em 15/07/2015.

KUBITZA, F. Coletânea de informações aplicadas ao cultivo do Tambaqui, do Pacu e de outros peixes redondos. **Panorama da AQUICULTURA**, vol. 14, n.82, p.27-39. Março/abril, 2004.

KUBITZA, F. A versatilidade do sal na piscicultura. **Panorama da AQUICULTURA**. v.17, n.103, p.14-23. Setembro/outubro, 2007.

KUBITZA, F. Tambaqui: alimentando com eficiência para reduzir custos. **Panorama da AQUICULTURA**, vol. 22, n.129, p.14-21. Janeiro/ fevereiro, 2012.

KUBITZA, F.; CAMPOS, J.L.; ONO, E.A.; ISTCHUK, P.I. Panorama da Piscicultura no Brasil. Parte I: Estatísticas, espécies, polos de produção e fatores limitantes à expansão da atividade. **Panorama da AQUICULTURA**, vol.32, n.132, p.14-25. Julho/Agosto, 2012.

KUBITZA, F. **Qualidade da água: no cultivo de peixes e camarões**. 1.ed. Jundiá: Fernando Kubitza. 2003. 208 p. (revisado em 2013).

LABH, S. N.; SHAKYA, S.R. Application of immunostimulants as an alternative to vaccines for health management in aquaculture. **International Journal of Fisheries and Aquatic Studies**, v.2, p.153-156, 2014.

LALL, S.P. Nutrition and health of fish. In: Cruz -Suárez, L.E., Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Olvera-Novoa, M.A. y Civera-Cerecedo, R., (Eds.). **Avances en Nutrición Acuicola V. Memorias del V Simposium Internacional de Nutrición Acuicola**. Mérida, Yucatán, Mexico. P.19-22 Noviembre, 2000.

LIMA, A.F.; SILVA, A.P.; RODRIGUES, A.P.O.; BERGAMIN, G.T.; TORATI, L.S.; FILHO, M.X.P.; MACIEL, P.O. Qualidade da água: Piscicultura familiar. **Embrapa Pesca e Aquicultura**. Junho, 2013.

LIMA, M.M.; MUJICA, P.I.C.; LIMA, A.M. Caracterização química e avaliação do rendimento em filés de caranha (*Piaractus mesopotamicus*). **Braz. J. Food Technol.**, IV SSA, p.41-46. Maio, 2012.

LOGATO, P.V.R. **Nutrição e Alimentação de Peixes de Água Doce**. Aprenda Fácil. Viçosa, MG. 2011. 130 p.

MAQSOOD, S.; SINGH, P.; SAMOON, M.H.; MUNIR, K. Emerging role of immunostimulants in combating the disease outbreak in aquaculture. **Int Aquat Res**, v.3, p.147-163, 2011.

MORAES, A. J. Piscicultura para principiante em Mato Grosso. Secretária de Estado de Desenvolvimento Rural e Agricultura Familiar - SEDRAF - Cuiabá - MT. **Intergraf**. 2012.

MOREIRA, L.M.; RIBEIRO, A.C.; DUARTE, F.A.; MORAIS, M.G.; SOARES, L.A.S. *Spirulina platensis* biomass cultivated in Southern Brazil as a source of essential minerals and other nutrients. **African Journal of Food Science**, v.7, p.451-455, Dec, 2013.

- NATORI, M. M.; SUSSEL, F. R.; SANTOS, E. C. B.; PREVIERO, T. C.; VIEGAS, E. M. M.; GAMEIRO, A. H. Desenvolvimento da carcinicultura marinha no Brasil e no mundo: avanços tecnológicos e desafios. **Informações Econômicas**, SP, v.41, n.2. Fev. 2011.
- NETO, E.C.; ALVES, R. M.; SPIGOLON, Z.; FERREIRA, M.L.O. LINFÓCITOS. REVISTA CIENTÍFICA **ELETRÔNICA DE MEDICINA VETERINÁRIA**. Ano VII – n.12 - Periódicos Semestral. Janeiro, 2009.
- OFFICIAL methods of analysis of AOAC International. 17th ed. Gaithersburg: Association of Official Analytical Chemists, 2000. 2000 p. 2v.
- OGAWA, M.; MAIA, E. L. Química do pescado. In: OGAWA, M.; MAIA, E. L. **Manual de Pesca: Ciência e Tecnologia do Pescado**. São Paulo: Varela. v.1, cap.4, p.27-71, 1999.
- ONO, E.A. E o futuro da produção de peixes nativos? **Panorama da AQUICULTURA**, vol.23, n.138, p.53-63. Julho/Agosto, 2013.
- PEREIRA, L.P.F.; MERCANTE, C.T.J. A amônia nos sistemas de criação de peixes e seus efeitos sobre a qualidade da água. Uma revisão. **B. Inst. Pesca**, São Paulo, v.31, p.81-88, 2005.
- PIRESTANI, S.; ALI SAHARI, M.; BARZEGAR, M.; SEYFABADI, S. J. Chemical compositions and minerals of some commercially important fish species from the South Caspian Sea. **International Food Research Journal**, v.16, p.39-44, 2009.
- PONTES, E.C.P.; OLIVEIRA, M.M.O.; ROSA, P.V.; FREITAS, R.T.F.F.; PIMENTA, M.E.S.G.; RODRIGUES, P.G. Níveis de farinha de peixe em rações para juvenis de tilápia. **R. Bras. Zootec**, v.39, n.8, p.1626-1632, 2010.
- PRATHEEPA, V.; SUKUMARAN, N. Effect of *Euphorbia hirta* plant leaf extract on immunostimulant response of *Aeromonas hydrophila* infected *Cyprinus carpio*. **PeerJ**, v.2, p.1-17. Nov, 2014.
- PRIYADARSHINI, M.; MANISSERY, J.K.; MOHAN, C.V.; KESHAVANATH, P. Effect of ImmuPlus on Growth and Inflammatory Response to Freund's Complete Adjuvant in Common Carp, *Cyprinus carpio* (L.). **Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v.12, p.291-299, 2012.
- PROMYA, J.; CHITMANAT, C. The effects of *Spirulina platensis* and *Cladophora* algae on the growth performance, meat quality and immunity stimulating capacity of the African sharp-toothed catfish (*Clarias gariepinus*). **Int. J. Agric. Biol**, v.13, p.77-82, 2011.
- PURVES, W. K., SADAVA, D., ORIAN, G. H., HELLER, H. C. LIFE. **The Science of Biology** (7th ed.). Sunderland, Mass: Sinauer Associates, 954. 2004.
- RAGAP, H.M.; KHALIL, R.H.; MUTAWIE, H.H. Immunostimulant effects of dietary *Spirulina platensis* on tilapia *Oreochromis niloticus*. **Journal of Applied Pharmaceutical Science**, v.2, p.26-31, 2012.

RANZANI-PAIVA, M.J.T.; PÁDUA, S.B.; TAVARES-DIAS, M.; EGAMI, M.I. **Métodos para análise hematológica em peixes**. Maringá-PR: Eduem, 2013.

RENU, A.; ANUSHIYA, A.; S. JEBILA, J.; ANTONY C.A.; , CORDELIA, A.A immunostimulatory effect of poly herbs (*Astragalus membranaceus* and *Celosia argentia*) in tilapia (*Oreochromis mossambicus*). **Journal of Basic and Applied Biology**, v.5, p.170-178, 2011.

REZENDE. F.P **Níveis de bixina na ração e de eugenol na água de transporte para o peixe ornamental *Trichogaster leerii***. 2006. 75 f. Dissertação. (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual do Norte Fluminense, 2006.

SÁ, M.V.C. **Limnocultura: Limnologia para aquicultura**. Edições UFC, 218p. 2012.

SATAKE, F.; PÁDUA, S. B.; ISHIKAWA, M. M. Distúrbios morfológicos em células sanguíneas de peixes em cultivo: uma ferramenta prognóstica. IN: **Manejo e Sanidade de Peixes em Cultivo**. Macapá: Embrapa Amapá, 2009.

SATHEESHKUMAR, P.; ANANTHAN, G.; KUMAR, S.D.; JAGADEESAN, L. Haematology and biochemical parameters of different feeding behavior of teleost fishes from vellar estuary, India. **Comp. Clin. Pathol**, vol.21, n.6, p. 1187-1191. Dec, 2011.

SAYED, A.E.H.; A. FAWZY, M.A. Effect of Dietary Supplementation of *Spirulina platensis* on the Growth and Haematology of the Catfish *Clarias gariepinus*. **Journal: Journal Of Advances In Biology**, v.5, n.2. p.625-634. Aug, 2014.

SERIANI, R.; RANZANI-PAIVA, M.J.T.; SILVA-SOUZA, A.T.; NAPOLEÃO, S.R. Hematology, micronuclei and nuclear abnormalities in fishes from São Francisco river, Minas Gerais state, Brazil. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**. Maringá, v.33, n., p.107-112, 2011.

SIGNOR, A.; PEZZATO, L.E.P.; FALCON, D.R.; GUIMARÃES, I.G.; BARROS, M.M. Parâmetros hematológicos da tilápia-do-nylo: efeito da dieta Suplementada com levedura e zinco e do estímulo pelo frio. **Ci. Anim. Bras., Goiânia**, v.11, n.3, p.509-519. Jul/Set, 2010.

SILVA, A.S.E.; LIMA, T.A.X.; BLANCO, B.S. Hematologia em Peixes. **Revista Centauro**, v.3, n.1, p.24-32, 2012. *Versão On-line* ISSN 178-7573.

SOUZA, F.M.C.; CONDE JÚNIOR, A.M.; FERNANDES, H.B.; EDLIN, E.N.S.; FORTES, E.A.M. Morfologia das células sanguíneas de mandi (*pimelodus maculatus*, lacépède, 1803). **Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária**. Anexo XI. Número 21, Julho, 2013.

SOUZA, A.S.L.; SOUZA, R.A.L.; MELO, N.F.A.C.; ROCHA, C.C.; SILVA, R.S.; BRABO, M.F. Crescimento do Tambaqui (*Colossoma macropomum*) Utilizando Massa da Mandioca (*Manihot esculenta*) Branca como Alimentação Suplementar. **Bol. Téc. Cient. Cepnor**, v.12, n.1, p.35-44, 2012.

STOSKOPF, M.K. **Fish Medicine**. W.B. Saunders Company. Harcourt. Brace Jovanovich. Toronto, Canada, 1993. 882 p.

TAVARES-DIAS, M.; MORAES, F.R. Hematology of teleosts fish. 1. ed.: Villimpress, Ribeirão Preto. 144 pg (In Portuguese). 2004.

TEIMOURI, M.; AMIRKOLAIE, A.K.; YEGANEH, S. The effects of *Spirulina platensis* meal as a feed supplement on growth performance and pigmentation of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, vol. 396-399, p.14-19, 2013.

THRALL. M.A. **Hematologia e Bioquímica Clínica Veterinária**. 1 Ed. São Paulo: Editora Roca, 2007.

TLUSTY, M., HYLAND, C. Astaxanthin deposition in cuticle of juvenile American lobster (*Homarus americanus*): implication for phenotypic and genotypic coloration. **Marine Biology**, 147, pg 113–119. 2005.

TONGSIRI, S.; MANG-AMPHAN, K.; PEERAPORNPISAL, Y. Effect of Replacing Fishmeal with *Spirulina* on Growth, Carcass Composition and Pigment of the Mekong Giant Catfish. **Asian Journal of Agricultural Sciences**, v.2, p.106-110, 2010.

URIBE, C.; FOLCH, H.; R. ENRIQUEZ, R.; MORAN, G. Innate and adaptive immunity in teleost fish: a review. **Veterinari Medicina**, v.56, p.486–503, 2011. Review Article.

VAZQUEZ, G.R.; GUERRERO, G.A. Characterization of blood cells and hematological parameters in *Cichlasoma dimerus* (Teleostei, Perciformes). **Tissue and Cell**, v.39, p.151-160, 2007.

VIANA, Z.C.V.; SILVA, E.; FERNANDES, G.F.; SANTOS, V.L.C. Composição centesimal em músculo de peixes no litoral do estado da Bahia/Brasil. **Rev. Ciênc. Méd. Biol**, v.12, n.2, p.157-162. Mai/Ago, 2013.

WATANUKI, H.; OTA, K.; TASSAKKA, A.R.; SAKAI, M.; KATO, T.; SAKAI, M. Immunostimulant effects of dietary *Spirulina platensis* on carp, *Cyprinus carpio*. **Aquaculture**. v.258, p.157-163, 2006.

WATTERS, C.; IWAMURA, S.; AKO, H.; DENG, D.F. Nutrition Considerations in Aquaculture: The Importance of Omega-3 Fatty Acids in Fish Development and Human Health. **Foods and Nutrition**. FN-11. July, 2012.

WINTROBE, M.M. Variations on the size and hemoglobin content of erythrocytes in the blood various vertebrates. **Folia Haematologica**, v.51, p.32-49, 1934.

YASINI, S. P.; KHAKI, Z.; RANBARI, S.; KAZEEM, B.; AMOLI, J. S.; GHARABAGHI, A.; JALALI, S. M. Haematologic and clinical aspects of experimental ovine anaplasmosis caused by *Anaplasma ovis* in Iran. **Iran J. Parasitol**, v.7, p.91-98, 2012.