

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP**

**CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP**

**CULTIVO MULTITROFICO EM VIVEIROS  
ESCAVADOS COM O USO DE SUBSTRATO  
PARA O CRESCIMENTO DE PERIFITON**

**MARIANA NEGRI**

JABOTICABAL, SÃO PAULO

2021

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP**

**CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP**

**CULTIVO MULTITROFICO EM VIVEIROS  
ESCAVADOS COM O USO DE SUBSTRATO  
PARA O CRESCIMENTO DE PERIFÍTON**

**MARIANA NEGRI**

**Orientador: Dra. Fabiana Garcia Scaloppi**

Dissertação apresentada ao  
Programa de Pós-graduação em  
Aquicultura do Centro de  
Aquicultura da UNESP - CAUNESP,  
como parte dos requisitos para  
obtenção do título de Mestre

JABOTICABAL, SÃO PAULO

2021

N388c Negri, Mariana  
Cultivo multitrófico em viveiros escavados com o uso de substrato para o crescimento do perifíton / Mariana Negri. -- Jaboticabal, 2022  
iii, 49 f. : il. ; 29 cm

Dissertação (mestrado) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Universidade Estadual Paulista, Centro de Aquicultura, 2022  
Orientador: Dalton José Carneiro  
Banca examinadora: Eduardo Gianini Abimorad, Patrícia Maria Contente Moraes Valenti  
Bibliografia

1. Nile tilapia. 2. Sustentabilidade. 3. Curimbata. 4. Viveiros. I. Título. II. Jaboticabal-Centro de Aquicultura.

CDU 639.3.05



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"  
Centro de Aqüicultura da Unesp - CAUNESP



### CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Cultivo multitrófico com o uso de substrato para o crescimento de perífiton

AUTORA: MARIANA NEGRI

ORIENTADORA: FABIANA GARCIA SCALOPPI

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em  
AQUICULTURA, pela Comissão Examinadora:

*Fabiana Garcia*

Profa. Dra. FABIANA GARCIA SCALOPPI (Participação Virtual)  
Instituto de Pesca de São José do Rio Preto / Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios-  
APTA

*Patricia Maria Contente Moraes Valenti*

Profa. Dra. PATRICIA MARIA CONTENTE MORAES VALENTI (Participação Virtual)  
Departamento de Ciências Biológicas / Universidade de Santo Amaro , UNISA

*Eduardo J. Abimorad*

Pesquisador Dr. EDUARDO GIANINI ABIMORAD (Participação Virtual)  
Instituto de Pesca-Centro do Pescado Continental / São José do Rio Preto/SP

Jaboticabal, 17 de novembro de 2021

*“Those who contemplate the beauty of the earth find reserves of strength that will endure as long as life lasts. There is something infinitely healing in the repeated refrains of nature -- the assurance that dawn comes after night, and spring after winter.”*  
— **Rachel Carson, Silent Spring**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a minha família pelo apoio constante em especial á meus pais e irmã por serem minha base e tornarem tudo isso possível.

Aos meus amigos que estiveram presentes em todas as minhas fases e que sempre acreditaram em mim, em especial a Tuany Montanhini Infante pelo suporte e bronca, mas presença constante na minha vida, à Ariel Calister Franchini por toda a ajuda, por ser um exemplo a ser seguido e pela amizade excepcional.

À minha orientadora Dra. Fabiana Garcia pela orientação não só na execução deste trabalho, mas pelo carinho, paciência e conselhos, por se fazer presente e se tornar uma amiga e um exemplo de profissional. À Daiane Mompeam Romera pelas experiências proporcionadas, viagens e companhia de laboratório e por ser um modelo de competência e criatividade.

Ao Centro de Seringueira e Sistemas Agroflorestais (Instituto Agronômico - IAC/Votuporanga-SP) e a todos os seus funcionários, em especial à Dona Inês e Tônico por todo o carinho e amizade.

Agradeço de coração a todos que me ajudaram direta ou indiretamente na elaboração deste trabalho e fizeram parte dessa experiência.

## **APOIO FINANCEIRO**

Ao CNPq pela concessão da bolsa de mestrado, Processo 157155/2019-6.

À FAPESP, Processo 201902140-0.



## SUMARIO

<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>ii</b>
<b>LISTA DE TABELAS .....</b>	<b>iii</b>
<b>RESUMO GERAL .....</b>	<b>1</b>
<b>GENERAL ABSTRACT .....</b>	<b>2</b>
<b>CAPITULO I – INTRODUÇÃO GERAL.....</b>	<b>2</b>
<b>1.Considerações iniciais.....</b>	<b>2</b>
<b>2. Introdução.....</b>	<b>4</b>
<b>2.1. Panorama da Aquicultura .....</b>	<b>4</b>
<b>2.2 Cultivo Multitrofico Integrado (IMTA – Integrated Multi Trophic Aquaculture) .....</b>	<b>5</b>
<b>2.3 Carpa-capim .....</b>	<b>6</b>
<b>2.4 Tilápia-do-nilo.....</b>	<b>8</b>
<b>2.5 Curimbatá .....</b>	<b>10</b>
<b>2.6 Perifíton.....</b>	<b>11</b>
<b>Objetivos.....</b>	<b>14</b>
<b>Objetivo geral .....</b>	<b>14</b>
<b>Objetivos específicos .....</b>	<b>14</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>15</b>
<b>CAPITULO II.....</b>	<b>20</b>
<b>CULTIVO MULTITROFICO EM VIVEIRO ESCAVADO COM A UTILIZAÇÃO DE SUBSTRATO PARA O CRESCIMENTO DE PERIFÍTON .....</b>	<b>20</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>21</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>22</b>
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>23</b>
<b>2. MATERIAL E METODOS .....</b>	<b>25</b>
<b>3. RESULTADOS .....</b>	<b>33</b>
<b>3.1. Desempenho produtivo.....</b>	<b>33</b>
<b>3. 2. Qualidade da Água .....</b>	<b>37</b>
<b>4. DISCUSSÃO.....</b>	<b>41</b>
<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>45</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>47</b>



## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Exemplar de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*).....9
- Figura 2.** Exemplar de curimatá (*Prochilodus lineatus*) acima e, abaixo exemplar de carpa-capim (*Ctenopharyngodon idella* Val.). ..... 11

## CAPITULO II

### CULTIVO MULTITROFICO EM VIVEIRO ESCAVADO COM A UTILIZAÇÃO DE SUBSTRATO PARA O CRESCIMENTO DE PERIFÍTON

- Figura 1.** Esquema de distribuição do delineamento experimental na fase I. ....27
- Figura 2.** Imagens da disposição dos hapas e painéis de substratos dos tratamentos durante o experimento. ....30
- Figura 3.** Ganho de peso obtido nos modelos de IMTA propostos.....36
- Figura 4.** Variáveis de qualidade de água ao longo do período experimental. ....39
- Figura 5.** Matéria seca do perifíton ( $\text{mg}/\text{cm}^2$ ) durante o experimento.....40

## LISTA DE TABELAS

**Tabela 1.** Proporção de distribuição de cada espécie (%) nos IMTAs estudados, nas fases I e II do experimento. ....29

**Tabela 2.** Indicadores de desempenho zootécnico dos tratamentos durante as duas fases do experimento. ....35

**Tabela 3.** Variáveis de qualidade de água durante as duas fases do experimento. ....38

## RESUMO GERAL

Integrated Multi-Trophic Aquaculture (IMTA) é um cultivo que utiliza espécies de diferentes níveis tróficos em uma mesma área na intenção de melhor aproveitar os nutrientes disponíveis neste sistema. É proposto como alternativa produtiva e mais sustentável ao pequeno produtor. Assim, o atual trabalho teve como objetivo testar o uso de substrato para o crescimento de perifíton em um cultivo multitrófico em viveiros escavados. Foram utilizadas a tilápia-do-nylo (*Oreochromis niloticus*), a carpa-capim (*Ctenopharyngodon idella*) e o curimbatá (*Prochilodus lineatus*) espécies com hábitos alimentares complementares para compor o sistema. O tempo do experimento foi 222 dias, divididos em duas fases (fase I com 160 dias e fase II com 62 dias) e contou com quatro tratamentos com três repetições cada. Na fase I, os IMTAs foram compostos por: IMTA [T] Cb:C - tilápias-do-nylo em hapas alimentadas com ração comercial, com curimbatás e carpas-capim soltas fora do hapa, aproveitando o alimento natural com duas taxas de arraçamento (100% e 50%) e IMTAs Cb:C - curimbatás e carpas-capim alimentados com duas taxas de arraçamento (100% e 50%) com a utilização de substratos para o crescimento de perifíton no tratamento com a restrição alimentar. Na fase II foram inseridas tilápias-do-nylo em todos os tratamentos como espécie complementar. Foram avaliados o desempenho produtivo das espécies em cultivo multitrófico e parâmetros limnológicos. Nos IMTAs estudados, foi possível alcançar uma maior produtividade do viveiro e uma eficiência na ciclagem de nutrientes, possibilitando ao pequeno produtor uma diversificação de produtos em um cultivo sem renovação de água.

### Palavras chave

Aquicultura multitrófica integrada, Perifíton, Sustentabilidade.

## GENERAL ABSTRACT

Integrated Multi-Trophic Aquaculture (IMTA) is a system that uses species of different trophic levels in the same area in order to better take advantage of the nutrients available in this system. It is proposed as a productive and more sustainable alternative for the small producer. Thus, the current work aimed to test the use of substrate for periphyton growth in a multitrophic culture in excavated ponds. Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*), the grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) and curimatá (*Prochilodus lineatus*), well-known species at the region and with complementary habits, were used to compose the system. The experiment lasted for 222 days divided in two phases (phase one with 160 days and phase two with 62 days) and had four treatments with three replicated. In the phase 1 the treatments were: IMTAs [T] Cb:C – ponds with Nile tilapia inside hapas fed recommended feed, with grass carp and curimatás outside the hapas making use of natural resources at two feeding rate (100% and 50%); IMTAs Cb:C – grass carp and curimatás fed recommended feed at two feeding rates (100% and 50%) with substrate for periphyton growth in the feeding restriction treatment. In the phase 2, Nile tilapia were included in all treatment as a complementary species. The growth performance of fishes and limnological parameters in the IMTAs were obtained. In the studied IMTAs, it was possible to achieve greater pond productivity and efficiency in nutrient cycling, enabling the small producer to diversify products in a system without water renewal.

### Keywords

Integrated multi-trophic aquaculture, Periphyton, Sustainability;

## CAPITULO I – INTRODUÇÃO GERAL

### 1. Considerações iniciais

O presente trabalho faz parte de uma sequência de experimentos nos quais foi avaliada a aplicação de substratos para produção de perifiton em vários sistemas aquícolas. Na tilapicultura um dos sistemas mais utilizados é a produção

em tanquerredes considerada um cultivo intensivo com alta densidade (Roriz *et al.*, 2017). O primeiro estudo apontou que a redução da densidade de estocagem em tanquerredes, de 100 kg/ m<sup>3</sup> para 30 kg/ m<sup>3</sup>, diminui a mortalidade e melhora a conversão alimentar, que passa de 1,35 para 0,95 (Garcia *et al.* 2013). Dessa forma, contribui para um melhor manejo dos recursos utilizados.

A utilização de perifíton em tanquerredes é pouco explorada. O segundo estudo foi realizado no reservatório de Nova Avanhandava e avaliou a utilização de substratos de bambu para produção de perifíton em diferentes densidades (80, 60 e 40 kg/m<sup>3</sup> de tilápias-do-nilo em duas taxas de arraçoamento (100% e 50% da ração oferecida diariamente). A inserção do substrato permitiu a produção de 52 kg/m<sup>3</sup> de tilápia-do-nilo com a redução de 32% da dieta em um período 20% menor que o grupo controle (80kg/m<sup>3</sup> com 100% da ração comercial). Se o produtor optar por utilizar a densidade mais alta, ele ainda pode reduzir 30% da ração com um aumento de 20% do tempo do cultivo (Garcia *et al.*, 2016). Assim, pequenos produtores com menos recursos podem aumentar a eficiência do sistema com uma receita operacional anual 57% maior e com um índice de lucratividade até 87% maior que o atualmente alcançado (Garcia *et al.*, 2017).

Ainda nesta linha de pesquisa foi avaliado o uso do perifíton na criação de juvenis de tilápia-do-nilo em viveiro escavado com diferentes taxas de arraçoamento (100% e 50% da ração comercial), sendo que a inclusão dos substratos permitiu a redução de 50 % da ração comercial sem aumento no tempo de cultivo em relação ao tratamento controle com 100 % de alimentação sem substratos (Campos, 2020). Após este estudo, foi conduzido um experimento subsequente da fase de engorda em viveiro escavado (David *et al.*, 2021) e em tanquerredes em represa rural (David *et al.*, 2021), utilizando os mesmos substratos associados a diferentes taxas de arraçoamento (100%, 70% e 50%).

Desta forma, dando continuidade a esta sequência de experimentos, nesta dissertação de mestrado avaliou-se a adição de uma espécie secundária e uma complementar em um mesmo viveiro com a utilização de substratos para o crescimento de perifíton. A intenção foi de melhor aproveitar o alimento natural e o reaproveitamento de nutrientes remanescentes da alimentação da espécie principal.

## 2. Introdução

### 2.1. Panorama da Aquicultura

O pescado apresenta duas origens distintas: a pesca e a aquicultura, sendo que a primeira se mantém relativamente estagnada desde os anos 80, enquanto a segunda apresenta um crescimento médio de 5,3% ao ano no período de 2001 a 2018 (FAO, 2020). A produção mundial de peixes foi estimada em 179 milhões de toneladas no ano de 2018 e, deste total, 82 milhões de toneladas foram provenientes da aquicultura (FAO, 2020). O consumo humano de pescado também aumentou, passou de 9kg em 1961 para 20,5kg per capita por ano em 2018 no qual foram destinadas 156 milhões de toneladas para suprir a demanda. Além do seu papel na alimentação humana a aquicultura também destina o pescado para a produção de farinha e óleo de peixe (FAO, 2020).

Entre as espécies mais cultivadas no mundo, as carpas lideram a lista, são elas: carpa-capim (*Ctenopharyngodon idella*) e carpa prateada (*Hypophthalmichthys molitrix*), seguidas da tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*), carpa comum (*Cyprinus carpi*), carpa cabeça grande (*Hypophthalmichthys nobilis*) e catla (*Catla catla*). A China destaca-se como maior produtor de peixes no mundo, sendo responsável por 35% da produção mundial (FAO, 2020). O Brasil apresenta condições favoráveis para a aquicultura. Além do clima tropical propício para o cultivo, seu território possui mais de 10 milhões de hectares em lâminas d'água, seja em reservatórios de usinas hidrelétricas, açudes e propriedades privadas. O país contém aproximadamente 13% do total de reserva de água doce disponível no mundo. O potencial do país para a aquicultura é pouco explorado (Rodrigues *et al.*, 2012), o Brasil se mantém na 13ª posição dos países que contribuíram para a aquicultura mundial (FAO, 2020).

Em 2019 a produção brasileira de peixes atingiu 758.006 toneladas (Peixe BR, 2020), apresentando um aumento de 4,9% sobre o ano anterior. Apesar das oscilações do mercado e de um PIB de 1%, o consumo e produção de pescado no Brasil foram considerados positivos. Em água doce, as formas de cultivo mais comuns no país são as produções em viveiros escavados e tanquerrede. Devido a facilidade de cultivo e boa adaptação, destaca-se a produção de tilápia-do-nilo no país nesses sistemas (Roriz *et al.*, 2017;). Dessa forma o Brasil se consolida

como o 4<sup>o</sup> na produção de tilápia-do-nilo no mundo. No ano de 2019, o país produziu 432.149 mil toneladas desta espécie. Após da tilápia-do-nilo, o país também produz peixes como o tambaqui, cuja produção foi de 101,1 mil toneladas, seguido pelo tambacu e tambatinga com 40,1 mil toneladas. (Peixe BR, 2020).

A desmedida intensificação dos cultivos implica em um grande investimento além de complicações como o aumento da incidência de doenças, aumento do estresse, piora nos índices de crescimento e conversão alimentar dos peixes e conseqüentemente, aumentando o custo de produção e a inviabilidade do cultivo. Uma vez que depende das condições ambientais, a aquicultura deve buscar a sustentabilidade como forma de manter a atividade em longo prazo. (Ayroza *et al.*, 2011; Barcellos *et al.*, 1999; Ellis *et al.*, 2002; Garcia *et al.*, 2013; Gibtan, *et al.*, 2008)

## **2.2 Cultivo Multitrófico Integrado (IMTA – Integrated Multi Trophic Aquaculture)**

Os monocultivos têm se mostrado ineficientes e menos de 20% da ração oferecida é convertida pela espécie alvo e transformada em biomassa (Valenti *et al.*, 2011). Dessa forma é necessária uma alternativa para maximizar o aproveitamento de nutrientes oferecidos pelo trato diário no cultivo. O conceito de IMTA é bastante diverso, mas alguns pontos se mantêm recorrentes. Consiste em utilizar espécies de diferentes níveis tróficos que tem funções complementares no ecossistema de modo que o alimento provido a espécie alvo seja convertido em energia, fertilizante ou alimento para as espécies não-alvo (Chopin, 2012). Esse tipo de cultivo é considerado mais sustentável do que os monocultivos (Barrington *et al.*, 2009). A sua prática pode levar a diminuição do impacto ambiental ao mesmo tempo em que cria outros produtos economicamente viáveis. A diversificação na aquicultura principalmente a nível local e regional é determinante para redução de riscos econômicos, além de manter a sustentabilidade e competitividade. (Chopin, 2010).

Embora seja confundido, o policultivo se difere do IMTA por apresentar espécies de peixes de mesmo nível trófico com nichos alimentares similares, (Chopin, 2010). No Brasil, em policultivos é comum a utilização de espécies de

carpa, como a carpa-comum *Cyprinus carpio*, a carpa-prateada *Hypophthalmichthys molitrix*, carpa-cabeça-grande *Hypophthalmichthys nobilis* e a carpa-capim *Ctenopharyngodon idella*, assim como a tilápia-do-nilo *Oreochromis niloticus* (Casaca *et al.*, 2005). Experimentalmente, recentes estudos têm sido realizados em IMTAs continentais no Brasil com diferentes composições de IMTAs. A utilização de espécies como o camarão da amazônia (*Macrobrachium amazonicum*), tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*), tambaqui (*Colossoma macropomum*), lambari (*Astyanax lacustres*) e curimbatá (*Prochilodus lineatus*) tem sido avaliada em relação ao balanço de fósforo, nitrogênio e carbono, assim como a produtividade (David *et al.* 2017; Flickinger *et al.* 2019, 2020). Há ainda, estudos avaliando a adição de substrato para o crescimento do perifíton (Rodrigues *et al.*, 2019) e o aumento da eficiência com a utilização de espécie iliófaga (Franchini *et al.*, 2020; Marques *et al.*, 2021). O mapeamento dos nutrientes em IMTAs ajuda a entender melhor seu processo de ciclagem dentro do viveiro nestes modelos de produção, possibilitando a otimização da área, sendo que a adição de substrato possibilitou a retenção de fósforo diminuindo a quantidade disponível na coluna d'água (David *et al.*, 2017). Também foi observada a captura de carbono da atmosfera pelo modelo multitrófico (Flickinger *et al.*, 2020) assim como um maior rendimento dos camarões da amazônia em um IMTA com tilápia-do-nilo (Rodrigues *et al.* 2019). O acréscimo do curimbatá nesses modelos aumentou a eficiência em reaproveitar nutrientes, otimização do espaço além de aumentar a produtividade do viveiro sem a interferência no crescimento das demais espécies (Franchini *et al.* 2020; Marques *et al.*, 2021). Além de prestar serviços ecossistêmicos, o cultivo multitrófico apresenta uma maior segurança econômica ao produtor oferecendo maior estabilidade através da diversificação de espécies (Chopin *et al.*, 2012). Essa diversificação faz com que o produtor não fique sujeito as mudanças do mercado assim como apresenta uma maior resiliência as mudanças climáticas (Barrington *et al.*, 2009).

### **2.3 *Ctenopharyngodon idella* – carpa-capim**

Nativa dos grandes rios da bacia do rio Amur na Rússia até o rio West na China (Chilton e Muoneke, 1992), a carpa-capim (*Ctenopharyngodon idella* Val.) (Figura 2) foi amplamente distribuída pelo mundo. Sua introdução tinha o objetivo



de incrementar o potencial de produção nos viveiros em policultivos e/ou controlar o crescimento de macrófitas aquáticas e vegetais superiores indesejados, para essa função a monocultura da carpa herbívora foi interessante (Huisman e Valentijn, 1981).

Os hábitos alimentares da carpa-capim podem variar durante seu crescimento. Na fase adulta se tornam exclusivamente herbívoras, entretanto quando jovem (menos de 60g) apresentam um crescimento melhor quando sua alimentação provém de plantas e animais do que exclusivamente de plantas. Sua dieta pode conter larvas de Tendipedidae (Chironomidae), Cladocera e Copepoda, além de pequenos crustáceos e algas. A quantidade da microflora consumida aumenta de acordo com seu crescimento e desenvolvimento (Chilton e Muoneke, 1992). As carpas-capim mantem a preferência por plantas aquáticas, todavia podem consumir plantas terrestres se estas estiverem disponíveis. Mesmo após seu crescimento e conseqüente preferência por macrófitas, as carpas-capim podem complementar sua nutrição com proteína animal como ninfas de Ephemeroptera e Plecoptera, quironomídeos (Diptera), oligoquetas (Oligochaeta), e Amphipoda em caso de pouca disponibilidade de vegetais (Edwards, 1973).

Por não apresentar enzimas para a digestão da celulose e possuir um trato digestório curto, a carpa-capim pode consumir várias vezes seu próprio peso em vegetais. Começa a se alimentar a partir dos 10°C e tem seu pico aos 26°C em que seu consumo é mais intenso. Do alimento absorvido, cerca de 65% é digerido, o restante é excretado em forma de peletes densos que atuam como adubo verde para o ambiente (George, 1982).

Sendo a espécie mais produzida no mundo, com 5.704 milhões de toneladas (FAO, 2020), a carpa-capim é uma excelente opção para complementar um cultivo multitrófico (Casaca *et al.*, 2005). Na China, as carpas são utilizadas em policultivo há séculos e junto com a carpa comum, carpa prateada e carpa cabeçuda compõe o sistema com um melhor aproveitamento dos recursos ali presentes e produz uma variedade de espécies em um mesmo viveiro (Naylor, *et al.*, 2000). Dessa forma, é interessante a utilização da carpa-capim em um cultivo multitrófico integrado para acompanhar seu desempenho nesse tipo de sistema.

## 2.4 *Oreochromis niloticus* – tilápia-do-nilo

Principal espécie aquícola do Brasil, a tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) (Figura 1) é um peixe do grupo dos Teleósteos, Ordem Peciforme, pertencente à Família Cichlidae (Silva, *et al.*, 2015). Possui dentes rudimentares nos lábios, intestino bastante longo, respiração do tipo branquial e o corpo coberto de escamas. Sua maturidade sexual é considerada precoce, geralmente começa a se reproduzir com 4 ou 5 meses de idade podendo desovar de 8 a 12 vezes ao ano, condições de manejo, alimentação e espaço tendem a influenciar sua reprodução (Lèveque, 2002). Originou-se da bacia do rio Nilo, no leste da África, encontrando-se distribuída em regiões tropicais e subtropicais, como em Israel, no Sudoeste Asiático e no Continente Americano (Silva, *et al.*, 2015).

Introduzida no Brasil pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS) na década de 1970, com intuito de repovoar os reservatórios públicos da região Nordeste e também incentivar o cultivo. Dessa maneira, passou a ser disseminada rapidamente pelos reservatórios do Nordeste e Sudeste e mais tarde na região Sul do país (Gurgel e Oliveira, 1987). Para a tilapicultura, a utilização de viveiros escavados e sistema semi-intensivos são um dos meios mais difundidos no país (Barroso *et al.*, 2018), seguido da utilização de tanquerredes por meio do uso de águas públicas federais ou estaduais de usinas hidroelétricas de maneira que facilita a intensificação do cultivo (Roriz *et al.*, 2017). Já o cultivo de tilápias em sistema extensivo tem grande impacto social devido a sua importância em fornecer proteína a comunidade rural (Lèveque, 2002).

No ano de 2019 a produção da tilápia-do-nilo foi de 323,7 toneladas, se mostrando a espécie de maior relevância na piscicultura e responsável por 61,1% de toda a produção do país (IBGE, 2019). A tilápia nilótica é um excelente peixe para ser criado como espécie principal ou secundária nos policultivos integrados (Casaca *et al.*, 2005). Apresentam hábitos alimentares, herbívoro, fitoplanctofágo, omnívoro e até detritívoro aceitando muito bem rações comerciais e artesanais elaboradas (Oliveira, *et al.*, 2007) além de utilizar o perifíton como fonte de energia (Azim *et al.*, 2005; Garcia, *et al.*, 2016). Possui carne saborosa, baixo teor de gordura e calorias e ausência de espinhas na forma de “y” (Casaca *et al.*, 2005) além da produção de filés, os resíduos resultantes da filetagem são

destinados á indústria como subprodutos, como aperitivos, bolinhos e afins, e aproximadamente 30% dos resíduos é destinado para indústrias de rações que produz a farinha de peixe que será utilizada para fabricação de ração animal (Schulter, 2017).

O alimento natural tem papel importante na alimentação das tilápias-do-nylo de maneira em que elas se destacam pelo excelente aproveitamento de fito e zooplâncton (Dempster *et al.*, 1993). Dessa forma, vem sendo testada a utilização de substratos para o crescimento do perifíton com a finalidade de baixar os custos de produção. Segundo Uddin *et al.* (2009), em um monocultivo de tilápia-do-nylo e em policultivo de tilápia-do-nylo com camarão-da-malásia (*Macrobrachium rosenbergii*) a utilização de substrato para crescimento do perifíton melhorou o crescimento e produção de ambas as espécies nos dois tipos de cultivo. Dessa forma é necessário aumentar o conhecimento sobre a utilização da tilápia-do-nylo em cultivos integrados com o uso do perifíton.



**Figura 1.** Exemplar de tilápia-do-nylo (*Oreochromis niloticus*).

## **2.5 *Prochilodus lineatus* - curimbatá**

O curimbatá (*Prochilodus lineatus*) (Figura 2), pertence à família Prochilodontidae no qual as espécies apresentam um papel muito importante na pesca comercial e de subsistência em bacias na América do Sul. Possuem boca terminal com lábios espessos, dentes diminutos, abundantes e em fileiras, seu corpo é coberto por escamas consideradas ásperas e de coloração cinza escuro (Bernardes e Publio, 2012), seu comprimento pode alcançar até 74 cm (Sverlij, *et al.*, 1993). Devido a suas adaptações os proquilodontideos são capazes de aproveitar de forma bastante eficiente duas das principais fontes de alimento: detritos e perifíton (Castro e Vari, 2004). O curimbatá é encontrado nas bacias do Paraguai, Paraná, Uruguai, rio Paraíba do Sul e Jacuí (Manzano *et al.*, 2012), possui hábito migratório e pode percorrer centenas de quilômetros em busca de áreas adequadas para sua reprodução (Sivasundar *et al.*, 2001). Em suas bacias de origem pode chegar a aproximadamente 60% da ictiofauna. Isso se deve ao fato de que devido a seu hábito alimentar, o curimbatá obtém vantagem na cadeia alimentar ao não se alimentar dos insetos detritívoros (abundantes na coluna d'água), mas diretamente dos detritos (Castro e Vari, 2004; Kalous, 2012).

Pouco estudado, o curimbatá apresenta carne saborosa e grande valor social e econômico seja na pesca de subsistência, artesanal ou comercial. Devido a seus hábitos de revolver o fundo do viveiro em busca de alimento, e reaproveitamento dos resíduos de outras espécies, o curimbatá apresenta potencial para o policultivo/cultivo multitrófico (Barbieri *et al.*, 2004).



**Figura 2.** Exemplar de curimbatá (*Prochilodus lineatus*) acima e, abaixo – exemplar de carpa-capim (*Ctenopharyngodon idella* Val.).

## 2.6 Perifíton

O perifíton é uma comunidade complexa composta por algas, bactérias, animais, fungos detritos orgânicos e inorgânicos que se fixam no substrato, independentemente de sua composição (Wetzel, 1983). Por representar papel de base alimentar para varias cadeias alimentares, o perifíton é rico em proteínas, vitaminas e minerais e constitui a alimentação de muitos animais aquáticos incluindo peixes de importância econômica (Moschini-Carlos, 1999). Entre as espécies que consomem o perifíton estão a tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*), o curimbatá (*Prochilodus lineatus*) (Kalous, 2012) além do *Phaloceros reticulatos magdalenae* (bocachio), *Pseudoancistrus sp* e *Ancistrus sp* (gêneros pertencentes a família Loricariidae, conhecida pelas espécies de cascudos), também foi

observado consumindo o perifíton a tainha (*Mugil sp*) e o acará (*Geophagus sp*) (Perez, 1992; Moschini-Carlos, 1999).

Dentro da dinâmica do ecossistema o perifíton desempenha diversas funções como por exemplo: a produção de metabolitos orgânicos para diferentes organismos na cadeia alimentar e dessa forma contribuem com 70% a 80% da produção primária; alta taxa de reciclagem de nutrientes uma vez que em sua composição encontra-se organismos em busca de abrigo e outros em busca de alimento e indicador de qualidade de água (Perez, 1992). Para que possa ser utilizado na aquicultura o perifíton passa por um processo de colonização. Esse processo no geral se inicia com o revestimento do substrato por substâncias orgânicas dissolvidas como, por exemplo, os aminoácidos e mucopolissacarídeos. Após a cobertura por essas substâncias, bactérias são atraídas através de reações hidrofóbicas e se fixam no substrato por fios mucilaginosos durante seu desenvolvimento. Após algumas semanas da colonização das bactérias, algumas diatomáceas se aderem ao substrato orgânico secretado pelas bactérias dando início a colonização autotrófica. Em seguida seres heterotróficos como protozoários e zooplâncton também se fixam (Azim *et al.*, 2005). Durante a colonização, o processo pode ser dividido em três fases, a primeira chamada fase inicial que é caracterizada por um crescimento rápido exponencial que manifesta no aumento da biomassa perifítica (Moschini-Carlos, 1999). A segunda fase considerada estacionária em que a comunidade atinge um nível estável e a terceira fase no qual ocorre a diminuição da biomassa (Sand-Jensen, 1983)

Com a intenção de explorar o potencial do perifíton na aquicultura, foi criado o “Periphyton Based Aquaculture”, derivado de alguns métodos tradicionais de pesca na África Ocidental, Bangladesh e Camboja que compreendia a inserção de uma grande quantidade de árvores ou bambu em lagos, rios ou lagoas para que os peixes fossem atraídos pela disponibilidade de alimento e abrigo contra predadores (Azim, 2001).

A produção de peixes em sistemas baseados em perifíton pode ser influenciada por diversos fatores, tais como a qualidade e quantidade de perifíton, os hábitos alimentares das espécies cultivadas, a densidade de estocagem, as sazonalidades, o tipo de substrato e a inserção de dieta além do perifíton (ração). Entretanto o mais importante a ser considerado é se as espécies selecionadas



consomem o perifíton e se a quantidade e qualidade do mesmo é suficiente para o desenvolvimento da espécie (Azim *et al.*, 2003).

Desenvolver tecnologias sustentáveis para aumentar a produção aquícola é essencial para a sobrevivência de produtores de baixa renda. Dessa forma, por ser uma alternativa de baixo custo, o perifíton oferece uma possibilidade de ganho de produção primária e fornecimento de alimento natural para os sistemas aquícolas (Azim, 2001).

É sabido que algumas espécies aquícolas aproveitam o alimento natural, a tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) como demonstrado por Dempster *et al.* (1993) apresenta uma taxa de consumo 25 vezes maior de algas quando oferecidas por perifíton do que quando oferecidas por fitoplâncton. Segundo Uddin *et al.* (2009) o uso de substrato no cultivo de camarão da malasia (*Macrobrachium rosenbergii*) e tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) resultou em uma melhora na performance das duas espécies, houve uma melhora na sobrevivência, ganho de peso e o uso de substrato contribuiu para uma melhora na produção em 40% da tilápia-do-nilo em monocultivo, já no cultivo integrado das duas espécies o camarão teve um aumento em 127% e a tilápia-do-nilo 46%. Dessa forma é interessante buscar possibilidades do uso do perifíton em diferentes sistemas e combinações de espécies.

Com isso a inserção de uma comunidade de organismos como a do perifíton (algas, bactérias filamentosas, protozoários, rotíferos e cladóceros) aumenta a ciclagem de nutrientes provenientes da coluna d'água transformando-os em biomassa, caracterizando dessa forma um cultivo IMTA (Barrington *et al.*, 2009). Este, por sua vez, pode ser utilizado como alimento natural ou complemento alimentar na produção aquícola. Deste modo o conhecimento das espécies que consomem o perifíton se faz necessário e bem como sua implementação e a inserção de outras espécies de peixes no mesmo cultivo, uma vez que seria possível em uma mesma área produzir mais de uma espécie.

## **Objetivos**

### **Objetivo geral**

O objetivo deste estudo foi avaliar a utilização de substrato para o crescimento de perifíton em um cultivo multitrófico com espécies complementares: a tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*), o curimatá (*Prochilodus lineatus*) e a carpa-capim (*Ctenopharyngodon idella*).

### **Objetivos específicos**

Os objetivos específicos foram:

1. Avaliar o desempenho zootécnico das espécies em diferentes manejos alimentares (taxas de arraçoamento e presença de perifíton);
2. Identificar se há competição por espaço e/ou alimento entre as espécies estudadas
3. Avaliar o aproveitamento do perifíton pelas espécies estudadas;



## REFERÊNCIAS

- Ayroza, L.M. da S., Romagosa, E., Ayroza, D.M.M. de R., Scorvo Filho, J.D., Salles, F.A., 2011. Custos e rentabilidade da produção de juvenis de tilápia-do-nylo em tanquesrede utilizando-se diferentes densidades de estocagem. *Rev. Bras. Zootec.* 40, 231–239. <https://doi.org/10.1590/s1516-35982011000200001>
- Azim, M.U., 2001. The potential of periphyton-based aquaculture production systems.
- Azim, M.E., Verdegem, M.C.J., Mantingh, I., Dam, A.A. Van, Beveridge, M.C.M., 2003. Azim Ingestion and utilization of periphyton grown on artificial substrates. *Aquac. Res.* 34, 85–92.
- Azim, M.E., Verdegem, M. C., van Dam, A. A., & Beveridge, M. C. (Eds.). (2005). *Periphyton: ecology, exploitation and management*. CABI.
- Barbieri, G., Salles, F. A., Cestarolli, M. A., & Teixeira-Filho, A. R. (2004). Estratégias reprodutivas do dourado, *Salminus maxillosus* e do curimbatá, *Prochilodus lineatus* no Rio Mogi Guaçu, Estado de São Paulo, com ênfase nos parâmetros matemáticos da dinâmica populacional. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, 26(2), 169-174.
- Barcellos, L.J.G., Nicolaiewsky, S., De Souza, S.M.G., Lulhier, F., 1999. The effects of stocking density and social interaction on acute stress response in Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L.) fingerlings. *Aquac. Res.* 30, 887–892. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2109.1999.00419.x>
- Barrington, K., Chopin, T., Robinson, S., 2009. Integrated multi-trophic aquaculture (IMTA) in marine temperate waters. *Integr. Maric. - A Glob. Rev. - FAO Fish. Aquac. Tech. Pap.* N0. 529 7–46. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(03\)00469-1](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(03)00469-1)
- Barroso, R. M., Munoz, A. E. P., Tahim, E. F., Tenório, R. A., Muehlmann, L. D., Silva, F. M., Barretim L. E. G. de S; Hein, G.; Carmo, F. J.; FLORES, R. M. V. (2018). Dimensão socioeconômica da tilapicultura no Brasil. Embrapa Pesca e Aquicultura-Capítulo em livro técnico (INFOTECA-E).
- Bernardes, C.L., Públio, J.Y., 2012. Proteína bruta no desenvolvimento de curimbas (*Prochilodus scrofa*). *Semin. Agrar.* 33, 381–390. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2012v33n1p381>
- Casaca, J. de M.; Tomazelli Junior, O.; Warken, J. A. *Policultivos de peixes integrados: o modelo do Oeste de Santa Catarina*. Chapecó: Mércur, 2005.
- Castro, R.M.C., Vari, R.P., 2004. Detritivores of the South American fish family Prochilodontidae (Teleostei:Ostariophysi:Characiformes) : a phylogenetic and revisionary study. *Smithson. Contrib. to Zool.* 1–189. <https://doi.org/10.5479/si.00810282.622>

- Chilton, E.W., Muoneke, M.I., 1992. Biology and management of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*, Cyprinidae) for vegetation control: a North American perspective. *Rev. Fish Biol. Fish.* 2, 283–320.  
<https://doi.org/10.1007/BF00043520>
- Chopin, T. (2010), "Integrated Multi-Trophic Aquaculture", in *Advancing the Aquaculture Agenda: Workshop Proceedings*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/9789264088726-15-en>.
- Chopin, T., Cooper, J.A., Reid, G., Cross, S., Moore, C., 2012. Open-water integrated multi-trophic aquaculture: Environmental biomitigation and economic diversification of fed aquaculture by extractive aquaculture. *Rev. Aquac.* 4, 209–220.
- David, F.S., Proença, D.C., Valenti, W.C., 2017. Phosphorus Budget in Integrated Multitrophic Aquaculture Systems with Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus*, and Amazon River Prawn, *Macrobrachium amazonicum*. *J. World Aquac. Soc.* 48, 402–414.  
<https://doi.org/10.1111/jwas.12404>
- David, L. H., Pinho, S. M., Romera, D. M., Campos, D. W., Franchini, A. C., & Garcia, F. (2021). Tilapia farming based on periphyton as a natural food source. *Aquaculture*, 737544.
- Dempster, P., 1993. Herbivory in the tilapia *Oreochromis niloticus*: a comparison of feeding rates on phytoplankton and periphyton. *J. Fish Biol.* <https://doi.org/10.1006/jfbi.1993.1140>
- Edwards, D.J., 1973. Aquarium studies on the consumption of small animals by O-group grass carp, *Ctenopharyngodon idella* (Val.). *J. Fish Biol.* 5, 599–605.  
<https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1973.tb04493.x>
- Ellis, T., North, B., Scott, A.P., Bromage, N.R., Porter, M., Gadd, D., 2002. The relationships between stocking density and welfare in farmed rainbow trout. *J. Fish Biol.* 61, 493–531. <https://doi.org/10.1006/jfbi.2002.2057>
- FAO, 2020. The State of World Fisheries and Aquaculture 2020.
- Flickinger, D. L., Costa, G. A., P. Dantas, D., Moraes-Valenti, P., & Valenti, W. C. (2019). The budget of nitrogen in the grow-out of the Amazon river prawn (*Macrobrachium amazonicum* Heller) and tambaqui (*Colossoma macropomum* Cuvier) farmed in monoculture and in integrated multitrophic aquaculture systems. *Aquaculture Research*, 50(11), 3444-3461.
- Flickinger, D.L., Costa, G.A., Dantas, D.P., Proença, D.C., David, F.S., Durborow, R.M., Moraes-Valenti, P., Valenti, W.C., 2020. The budget of carbon in the farming of the Amazon river prawn and tambaqui fish in earthen pond monoculture and integrated multitrophic systems. *Aquac. Reports* 17, 100340.  
<https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2020.100340>

- Franchini, A.C., Costa, G.A., Pereira, S.A., Valenti, W.C., Moraes-Valenti, P., 2020. Improving production and diet assimilation in fish-prawn integrated aquaculture, using iliophagus species. *Aquaculture* 521, 735048. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735048>
- Garcia, F., Romera, D.M., Gozi, K.S., Onaka, E.M., Fonseca, F.S., Schalch, S.H.C., Candeira, P.G., Guerra, L.O.M., Carmo, F.J., Carneiro, D.J., Martins, M.I.E.G., Portella, M.C., 2013. Stocking density of Nile tilapia in cages placed in a hydroelectric reservoir. *Aquaculture* 410–411, 51–56. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2013.06.010>
- Garcia, F., Romera, D.M., Sousa, N.S., Paiva-Ramos, I., Onaka, E.M., 2016. The potential of periphyton-based cage culture of Nile tilapia in a Brazilian reservoir. *Aquaculture* 464, 229–235. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.06.031>
- Garcia, F., Sabbag, O.J., Kimpara, J.M., Romera, D.M., Sousa, N.S., Onaka, E.M., Ramos, I.P., 2017. Periphyton-based cage culture of Nile tilapia: An interesting model for small-scale farming. *Aquaculture* 479, 838–844. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.07.024>
- George, T.T., 1982. The Chinese grass carp, *Ctenopharyngodon idella*, its biology, introduction, control of aquatic macrophytes and breeding in the Sudan. *Aquaculture* 27, 317–327. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(82\)90068-0](https://doi.org/10.1016/0044-8486(82)90068-0)
- Gibtan, A., Getahun, A., Mengistou, S., 2008. Effect of stocking density on the growth performance and yield of Nile tilapia [*Oreochromis niloticus* (L., 1758)] in a cage culture system in Lake Kuriftu, Ethiopia. *Aquac. Res.* 39, 1450–1460. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2008.02021.x>
- Gurgel, J. J. S.; Oliveira, A.G. de. Efeitos da introdução de peixes e crustáceos no semi-árido do nordeste brasileiro. 1987.
- Huisman, E. A.; Valentijn, P. Conversion efficiencies in grass carp (*Ctenopharyngodon idella*, Val.) using a feed for commercial production. *Aquaculture*, v. 22, p. 279-288, 1981.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2019). Produção da Pecuária Municipal 2018. Disponível em: [https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm\\_2018\\_v46\\_br\\_informativo.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm_2018_v46_br_informativo.pdf). Acesso em: 05/03/2021
- Kalous, L., Bui, A. T., Petrýl, M., Bohlen, J., & Chaloupková, P. (2012). The South American freshwater fish *Prochilodus lineatus* (Actinopterygii: characiformes: Prochilodontidae): new species in Vietnamese aquaculture. *Aquaculture Research*, 43(6), 955-958.
- Lèveque, C., 2002. Out of Africa: The Success Story of Tilapias. *Environ. Biol. Fishes* 64, 461–464. <https://doi.org/10.1023/a:1016190529697>
- Manzano, F.V., Belote, D.D.F., Borde, L.Q., Mattos, F.S.M. De, 2012. Guia dos peixes da área de influencia da usina hidrelétrica de Batalha. Rio de Janeiro. Furnas, 152p.

- Marques, A.M., Boaratti, A.Z., Belmudes, D., Ferreira, J.R.C., Mantoan, P.V.L., Moraes-Valenti, P., Valenti, W.C., 2021. Improving the efficiency of lambari production and diet assimilation using integrated aquaculture with benthic species. *Sustain.* 13. <https://doi.org/10.3390/su131810196>
- Moschini-Carlos, V. (1999). Importância, estrutura e dinâmica da comunidade perifítica nos ecossistemas aquáticos continentais. *Perspectivas na Limnologia no Brasil*. Gráfica e Editora União, São Luís, 1-11.
- Naylor, R. L., Goldburg, R. J., Primavera, J. H., Kautsky, N., Beveridge, M. C., Clay, J., ... & Troell, M. (2000). Effect of aquaculture on world fish supplies. *Nature*, 405(6790), 1017-1024.
- Oliveira, E.G. de, Santos, F.J. de S., Pereira, A.M.L., Lima, C.B., 2007. Produção de tilápia: Mercado, espécie, biologia e recria. *MAPA - Circ. Técnica* 45, 1–12.
- Peixe-BR, 2020. Anuário Peixe Br da Piscicultura 2020. Associação Brasileira de Piscicultura 1–136.
- Rodrigues, C.G., Garcia, B.F., Verdegem, M., Santos, M.R., Amorim, R. V., Valenti, W.C., 2019. Integrated culture of Nile tilapia and Amazon river prawn in stagnant ponds, using nutrient-rich water and substrates. *Aquaculture* 503, 111–117. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.12.073>
- Rodrigues, L. S., Cavalcanti, I. M., Capanema, L. X. D. L., Morch, R. B., Magalhães, G., Lima, J. F., ... & Munglioli, R. P. (2012). Panorama da aquicultura no Brasil: desafios e oportunidades. *BNDES Setorial*, n. 35, mar. 2012, p. 421-463.
- Roriz, G.D., Delphino, M.K. de V.C., Gardner, I.A., Gonçalves, V.S.P., 2017. Characterization of tilapia farming in net cages at a tropical reservoir in Brazil. *Aquac. Reports* 6, 43–48. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2017.03.002>
- Sand-Jensen, Kaj. Physical and chemical parameters regulating growth of periphytic communities. In: *Periphyton of freshwater ecosystems*. Springer, Dordrecht, 1983. p. 63-71.
- Schulter, E. P. & Filho, E. R. V. Evolução da piscicultura no brasil: diagnóstico e desenvolvimento da cadeia produtiva de tilápia. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – Ipea 2017.
- Sivasundar, A., Bermingham, E., Ortí, G., 2001. Population structure and biogeography of migratory freshwater fishes (*Prochilodus*: Characiformes) in major South American rivers. *Mol. Ecol.* 10, 407–417. <https://doi.org/10.1046/j.1365-294X.2001.01194.x>
- Sverlij, S.B., Espinach Ros, A., Ortí, G., 1993. Synopsis de los datos biológicos del sabalo *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1847), Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAO Fisheries Synopsis.

- Silva, G. F. et al. Tilápia-do-nilo criação e cultivo em viveiros no estado do Paraná - Curitiba GIA, 2015. 290 p. il.
- Uddin, M.S., Azim, M.E., Wahab, M.A., Verdegem, M.C.J., 2009. Effects of substrate addition and supplemental feeding on plankton composition and production in tilapia (*Oreochromis niloticus*) and freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) polyculture. *Aquaculture* 297, 99–105. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2009.09.016>
- Valenti, W.C., Kimpara, J.M., Preto, B.D.L., 2011. Measuring aquaculture sustainability. *World Aquac.* 42, 26–30.
- Wetzel, R. G. 1983. Periphyton of freshwater ecosystems. In *International Workshop on Periphyton of Freshwater Ecosystems 1982: Växjö, Sweden*. Distributors for the US and Canada, Kluwer Boston.

## **CAPITULO II**

# **CULTIVO MULTITROFICO EM VIVEIRO ESCAVADO COM A UTILIZAÇÃO DE SUBSTRATO PARA O CRESCIMENTO DE PERIFÍTON**

## RESUMO

Como uma alternativa produtiva e mais sustentável ao pequeno produtor, o atual trabalho tem como objetivo avaliar o uso de substrato para o crescimento do perifíton em um cultivo multitrófico com espécies complementares: tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*), curimatá (*Prochilodus lineatus*) e carpa-capim (*Ctenopharyngodon idella*). O experimento contou com quatro tratamentos e três repetições, sendo testados: IMTA [T] Cb:C – tilápias-do-nilo em hapas alimentadas com ração comercial, com curimatás e carpas-capim soltas fora do hapa, aproveitando o alimento natural com duas taxas de arraçoamento: [T100] Cb:C com 100% da ração e [T100] Cb:C com 50% da ração comercial e IMTAs Cb:C - curimatás e carpas-capim alimentados com duas taxas de arraçoamento (100% e 50% da ração) com a adição de substratos para o crescimento de perifíton no tratamento com a restrição alimentar. Na fase II foram inseridas tilápias-do-nilo como espécie complementar em todos os tratamentos. Foi avaliado o desempenho produtivo dos animais e parâmetros físico-químicos da água. Nos modelos propostos, as espécies foram eficientes na ciclagem de nutrientes, alcançando produtividade de 6 t/ha em um sistema sem renovação de água. A inserção das espécies secundárias e complementares diminuiu a conversão alimentar para valores de até 0,95 em sistemas com restrição alimentar e 1,28 em cultivo com 100% da ração comercial. Com a redução da CAA e o aumento da produtividade o pequeno produtor é capaz de diversificar os produtos em uma mesma área sem o acréscimo de insumos.

### Palavras-chave

Aquicultura multitrófica integrada, Perifíton, Sustentabilidade.

## ABSTRACT

As a productive and more sustainable alternative to the small producer, the present work aims to evaluate the use of substrate for the growing of periphyton in a Integrated Multitrophic Aquaculture (IMTA) with complementary species: Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*), the grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) and curimbatá (*Prochilodus lineatus*). The experiment had four treatments with three replicates and two phases. In the phase I the treatments were: IMTAs [T] Cb:C – ponds with tilapia inside hapas fed recommended feed, with grass carp and curimbatás outside the hapas making use of natural resources at two feeding rate (100% and 50%); IMTAs Cb:C – grass carp and curimbatás fed recommended feed at two feeding rates (100% and 50%) with substrate for periphyton growth in the feeding restriction treatment. In the phase 2, Nile tilapia were included in all treatment as a complementary species. The growth performance of fishes and physical-chemical parameters of water were obtained. In the proposed models, the species were efficient in nutrient cycling, achieving productivity of 6 t/ha in a system without water renewal. The insertion of secondary and complementary species reduced the feed conversion rate (FCR) to values of 0.95 in systems with feed restriction and 1.28 in the groups that received 100% of commercial feed. With the reduction of the FCR and the high productivity, small farmers can diversify their products in the same area without increasing inputs.

## Keywords

Integrated multi-trophic aquaculture, Periphyton, Sustainability.



## 1. INTRODUÇÃO

A constatação de que a ingestão de dieta saudável e adoção da prática de exercício físico impacta no envelhecimento faz com que haja uma procura maior por uma alimentação de qualidade, principalmente nos períodos de isolamento social durante a pandemia do coronavírus (Tramontino et al. 2009; Abbas e Kamel, 2020). Dentre estes alimentos, destaca-se o consumo de pescado, por ser considerada uma fonte de proteína de alto valor nutricional (FAO, 2020). O pescado pode ter duas origens distintas: pesca e aquicultura, sendo que a pesca se encontra estagnada e a aquicultura em franca expansão. Por se tratar de uma cultura que acompanha o crescimento populacional, no ano de 2018 a produção aquícola mundial alcançou 114,5 milhões de toneladas, sendo 82,1 milhões de toneladas de animais aquáticos, 32,4 milhões de algas marinhas e 26 mil toneladas de conchas e pérolas (FAO, 2020). Aquicultura continental foi responsável por 51,3 milhões de toneladas de animais aquáticos, a piscicultura representando 62,5% do valor total (FAO, 2020).

Em escala nacional, de acordo com a Peixe BR (2020), a produção brasileira atingiu 758.006 toneladas em 2019, um aumento de 4,9% sobre o ano anterior. Mesmo com as oscilações do mercado e o PIB de 1% a produção e consumo do pescado brasileiro foram considerados positivos. Entre as espécies mais produzidas no país destaca-se a tilápia-do-nylo com 432.149 toneladas representando 57% da produção. O Brasil se consolida dessa maneira como o 4º na produção de tilápia-do-nylo no mundo (Peixe BR, 2020).

Para que alcance os altos níveis de produção, a aquicultura investe em monocultivos altamente arraçoados visando prioritariamente o ganho de peso e a produtividade. De toda a porção oferecida na dieta apenas 20% são convertidos em biomassa, restando assim 80% do material que é perdido ou incorporado na biota não-alvo (Valenti *et al.*, 2011). O aumento da concentração de fósforo e nitrogênio no ambiente, de acordo ao tipo de cultivo, favorece o crescimento de algas levando a eutrofização dos sistemas adjacentes (Carrasquilla *et al.*, 2013). Muita produção concentrada em uma única espécie também favorece adversidades, como a redução no preço devido a grande concentração, doenças, e até mesmo vulnerabilidade a imprevistos climáticos (Barrington *et al.*, 2009).

Dessa forma, para maximizar o aproveitamento dos nutrientes, o cultivo multitrófico integrado (do inglês Integrated Multi-trophic Aquaculture- IMTA) se mostra uma alternativa promissora. O conceito de IMTA é bastante flexível, seu cultivo é variável, podendo ser realizado em mar aberto, águas continentais e variações dos mesmos (Barrington *et al.*, 2009). Entretanto, converge em utilizar espécies de diferentes níveis tróficos com diferentes nichos que se completam no ecossistema, a fim de converter os resíduos da porção oferecida a espécie alvo como fertilizante, energia e alimento para as outras espécies no cultivo (Chopin *et al.*, 2012). Ao proporcionar condições para o aproveitamento dos nutrientes provenientes da ração oferecida à espécie alimentada, o uso de alimento natural como o perifíton presente na água também se torna uma alternativa para a diminuição do custo do cultivo e do impacto ambiental negativo (Siqueira e Rodrigues, 2018).

Uma das maneiras de incrementar a eficiência dos IMTAs é incluindo substratos para a colonização de perifíton. O perifíton é uma comunidade aderida a um substrato composto por algas, rotíferos, cladóceros, protozoários bactérias filamentosas, além de componentes inorgânicos (Wetzel, 1983). Rico em proteínas, minerais e vitaminas a comunidade perifítica constitui a base para muitas cadeias alimentares, servindo de alimentos para diversos organismos aquáticos, entre eles alguns de importância comercial, como é o caso da tilápia (*Oreochromis sp*) (Moschini-Carlos, 1999). Em alguns ambientes o perifíton é responsável por até 90% da produção primária (Wetzel, 1990). Segundo Sand-Jensen (1983) a comunidade perifítica representa um papel eficaz na reciclagem dos nutrientes inorgânicos. Assim a utilização de substratos para o crescimento do perifíton pode aumentar a produção aquícola (Moschini-Carlos, 1999).

Assim, o presente estudo teve como objetivo testar a viabilidade do perifíton como alimento natural em um cultivo multitrófico integrado com espécies utilizadas por piscicultores da região Noroeste Paulista, dentre elas a carpa-capim *Ctenopharyngodon idella*, curimatá *Prochilodus lineatus* e a tilápia-do-nilo *Oreochromis niloticus*.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi conduzido no Centro de Seringueira e Sistemas Agroflorestais – Votuporanga/SP (IAC), em seis viveiros de 96 m<sup>2</sup> de lâmina de água divididos ao meio com uma rede de 2 metros de altura e malha de 5 mm, totalizando 12 unidades experimentais. Para o início do experimento os viveiros foram fertilizados com esterco bovino, aproximadamente 10kg por área experimental totalizando 20kg por viveiros. Não houve necessidade de aplicação de cal para correção da acidez.

Os viveiros foram mantidos sem renovação de água, somente com reposição da água evaporada/infiltrada. Este abastecimento advinha de uma represa com nascente própria e, devido a baixa precipitação no ano de 2020, a partir do quarto mês de experimento foi necessário o bombeamento da água da represa para os viveiros. Para evitar a entrada de predadores e/ou larva de peixes foi instalado em cada entrada de água um filtro de 300 micras em cada viveiro.

O experimento teve duração total de 222 dias (março a novembro de 2020) e foi dividido em duas fases: Fase I com 160 dias e Fase II com 62 dias. Os alevinos e juvenis das espécies estudadas foram adquiridos de pisciculturas comerciais, sendo juvenis revertidos de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) com peso inicial de 45,5g ± 2,7, curimatás (*Prochilodus lineatus*) com peso inicial de 2,7g ± 0,4 e carpas-capim (*Ctenopharyngodon idella*) com peso inicial de 23,3g ± 2,7.

### 2.1. Delineamento experimental

#### 2.1.1. Fase I

O experimento foi conduzido em Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC) com quatro tratamentos e três repetições, sendo testados dois modelos de IMTA e dois manejos alimentares (50 e 100% de alimentação):

- IMTA [T100] Cb:C: compreende as tilápias-do-nilo (espécie principal) em hapas, alimentadas com 100% da ração recomendada pelo fabricante. Curimatás (espécie secundária) e carpas-capim (espécie complementar) soltas fora do hapa,

aproveitando o alimento natural (perifíton da tela do hapa, organismos planctônicos da coluna d'água e bentônicos do fundo dos viveiros).

- IMTA [T50] Cb:C: com tilápias-do-nilo em hapas (espécie principal), alimentadas com 50% ração recomendada e curimbatás (espécie secundária) e carpas-capim (espécie complementar) soltas fora do hapa, aproveitando o alimento natural (perifíton da tela do hapa, organismos planctônicos da coluna d'água e bentônicos do fundo dos viveiros).

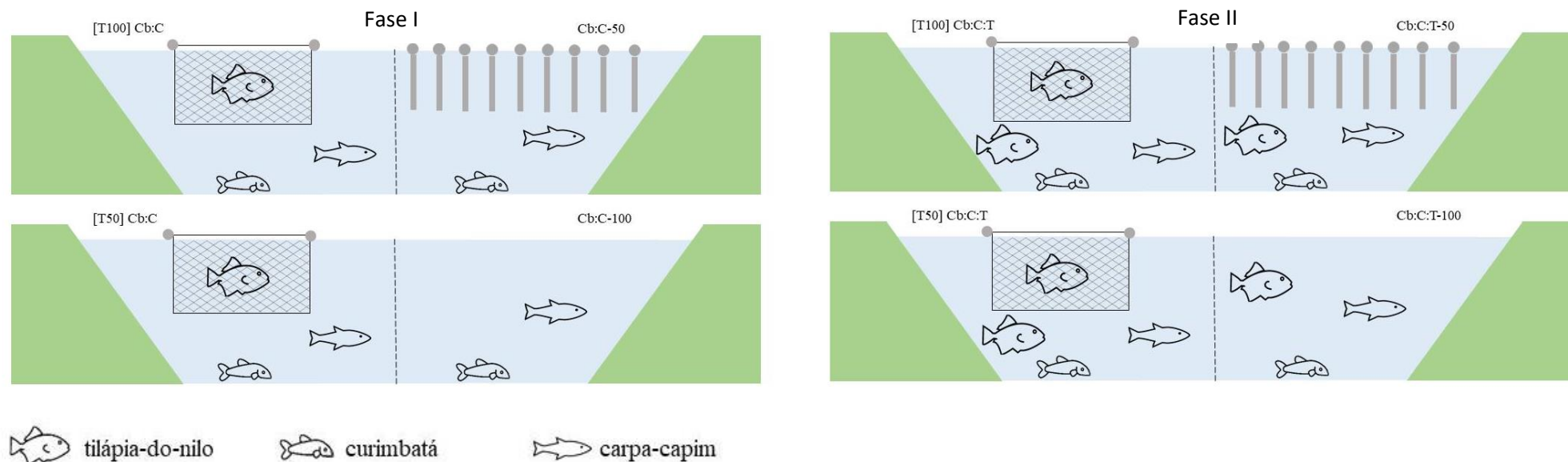
-IMTA Cb:C-100 (sem substrato): curimbatás (espécie principal) e carpas-capim (espécie secundária) alimentados com 100% da ração recomendada.

-IMTA Cb:C -50 (com substrato): curimbatás (espécie principal) e carpas-capim (espécie secundária) alimentados com 50% da ração recomendada e com a utilização de substratos para o crescimento de perifíton.

### 2.1.2. Fase II

Ao final da fase I, foram incluídas tilápias-do-nilo, como espécie complementar, em todos os tratamentos. Os peixes iniciaram a segunda fase com peso médio de 350,71g  $\pm$  91,4 para tilápias-do-nilo, 55,08g  $\pm$  20,5 para curimbatás e 126,02g  $\pm$  44,1 para carpas-capim referente ao peso final encontrado na fase I. Os tratamentos foram: IMTA [T100] Cb:C:T e IMTA [T50] Cb:C:T com tilápias-do-nilo alimentadas dentro do hapa (espécie principal), curimbatás (espécie secundária) e carpas-capim e tilápias-do-nilo (espécies complementares) não alimentados soltos no entorno. Os IMTA Cb:C:T-100 e IMTA Cb:C:T-50 foram compostos por curimbatás (espécie principal), e carpas-capim e tilápias-do-nilo (espécies secundárias) alimentadas com ração comercial respeitando a quantidade de cada tratamento (100 e 50 %).

Os tratamentos foram distribuídos dentro dos blocos (viveiros divididos ao meio longitudinalmente) de forma em que houvesse similaridade nas porções de ração oferecidas por viveiro. Dessa forma cada viveiro continha um tratamento com 100% da ração e outro com 50% da ração (Figura 3).



**Figura 1.** Esquema de distribuição do delineamento experimental. Na fase I tratamento IMTA [T100] Cb:C (tratamento com tilápias-do-nylo dentro do hapa alimentadas com 100% da ração comercial com curimatás e carpas-capim ao entorno) e IMTA Cb:C-50 (tratamento com curimatás e carpas-capim alimentados com 50% da ração e a inserção de 9 painéis de substrato para o crescimento do perífíton). Tratamento IMTA [T50] Cb:C (tilápia-do-nylo dentro do hapa alimentada com 50% da ração com curimatás e carpas-capim soltos ao entorno) e IMTA Cb:C-100 (curimatás e carpas-capim alimentados com 100% da ração). Na fase II foram inseridas tilápias-do-nylo como espécie complementar em todos os tratamentos.

A proporção entre cada espécie estocada seguiu as recomendações de Casaca *et al.* (2005), que incentiva a escolha de uma espécie principal que entra no sistema em maior quantidade (50 a 100%), seguida de espécies secundárias (20 a 30%) com papel de aproveitamento da matéria orgânica excedente no sistema e, por fim, as espécies complementares (5 a 10%), em menor quantidade, capazes de aproveitar o alimento natural remanescente das espécies primárias e secundárias. Dessa forma, os tratamentos de acordo com as proporções estão apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1.** Proporção de distribuição de cada espécie (número - %), densidade de estocagem (peixes/m<sup>2</sup>) nos IMTAs estudados, nas fases I e II do experimento.

Fase I		
	IMTA	IMTA
	[T]Cb:C	Cb:C
Tilápia-do-nilo (hapa) <sup>1</sup>	88 (64)	-
Curimbatá <sup>1</sup>	33 (28)	66 (80)
Carpa-capim <sup>1</sup>	9 (8)	16 (20)
Densidade <sup>2</sup>	2,24	1,2
Fase II		
	IMTA	IMTA
	[T]Cb:C:T	Cb:C:T
Tilápia-do-nilo (hapa) <sup>1</sup>	30 (42)	-
Curimbatá <sup>1</sup>	20 (30)	40 (56)
Carpa-capim <sup>1</sup>	9 (14)	16 (22)
Tilápia-do-nilo (solta) <sup>1</sup>	9 (14)	16 (22)
Densidade <sup>2</sup>	1,13	1,2

Nota: <sup>1</sup> número de peixes (%); <sup>2</sup> peixes/m<sup>2</sup>

Nos tratamentos Cb:C-50 e Cb:C:T-50 foram colocados 9 painéis de substrato (1x1,5m) para o crescimento do perifíton. Estes foram confeccionados com canos PVC nas bordas superior e inferior e com tela sombrite branca na área de painel. O cano superior serviu de flutuador e o inferior como contrapeso, sendo este preenchido com pedra brita para manter o substrato submerso.

Nos tratamentos [T] Cb:C e [T] Cb:C:T, as tilápias-do-nilo foram alocadas em hapas de 3x1m, confeccionadas com sombrite e canos PVC nas bordas superiores e inferiores (Figura 4). Em todas as unidades experimentais a soma dos dois lados da tela (painéis ou hapas) correspondeu a 50 % da área dos viveiros.





**Figura 2.** Imagens da disposição dos hapas e painéis de substratos dos tratamentos durante o experimento. Tratamentos [T100] Cb:C e Cb:C-50 (A); tratamento [T50] Cb:C e Cb:C-100 (B); Posição dos substratos na coluna d'água (C); Represa de abastecimento (D)

Para alimentação das espécies alvo durante o experimento foram utilizadas diferentes rações comerciais: na fase I, para os curimatás e carpas-capim (Cb:C-50 e Cb:C-100) foi oferecida ração extrusada Raguife-Top fish 40% de proteína bruta (PB) e 5% de estrato etéreo (EE) com peletes de 2mm durante os primeiros 90 dias do experimento e para as tilápias-do-nilo ([T50] Cb:C e [T100] Cb:C) foi ofertada ração extrusada Raguife-Top fish 36% de PB e 6% de EE com peletes de 4mm no mesmo período. Após este período, até o final do experimento, foi utilizada ração extrusada Raguife – Top fish Plus com 32% de PB e 6% de EE,



inicialmente com peletes de 4mm e, posteriormente 6mm para ambas as espécies principais. A porção diária foi calculada através da biomassa dos peixes e a indicação do fornecedor. Devido ao tamanho das espécies a quantidade de ração ofertada foi dividida em três porções diárias nos primeiros 45 dias para tratamentos com 100% da ração comercial e duas porções diárias para tratamentos com 50% da ração. Em seguida os tratamentos diários foram reduzidos para duas porções diárias para os tratamentos com 100 % de alimentação e uma porção para tratamentos com 50 % da porção diária recomendada.

## 2.1. Parâmetros avaliados

### 2.1.2. Qualidade da água

A temperatura (°C), oxigênio dissolvido – OD (mg/L) e condutividade ( $\mu\text{S}/\text{cm}^2$ ), foram aferidos semanalmente utilizando uma sonda multiparametros Akso- AK88 em dois horários distintos: 8h e 16h. Nos tratamentos [T] Cb:C e [T] Cb:C:T a sonda foi inserida dentro dos hapas a uma profundidade entre 20 e 30 cm da superfície, nos tratamentos Cb:C e Cb:C:T a sonda foi inserida na mesma profundidade na área do viveiro. Com um disco de Secchi foi medida a transparência uma vez por semana.

As análises dos nutrientes da água (amônia, nitrito, nitrato e fósforo total) foram feitas em cada tratamento, respeitando a divisão dos viveiros. Foram coletados 500 mL, a uma profundidade entre 20 e 30 cm e armazenadas em garrafas plásticas que em seguida foram congeladas. As coletas foram feitas no início do experimento, na transição da fase I para a fase II e ao término do cultivo nos dias 1, 155 e 222 respectivamente. Ao final do experimento, as amostras foram analisadas de acordo com a metodologia descrita por APHA (2005).

### 2.1.3. Desempenho zootécnico

No início e final do experimento, foi realizada a biometria individual de 5 % dos peixes de cada unidade experimental. Quinzenalmente, foram feitas biometrias de amostras aleatórias de cada tratamento para ajuste de ração de acordo com as instruções do fornecedor. Com estes valores, foram calculados o

ganho de peso (GP), a biomassa produzida e a conversão alimentar aparente (CAA). Seguindo as fórmulas:

$GP(g) = \text{peso médio final} - \text{peso médio inicial};$

$\text{Ganho em Biomassa}(kg) = \text{biomassa final} - \text{biomassa inicial};$

$CAA = GP / \text{consumo de ração}$

Diariamente pela manhã foi verificada a presença de peixes mortos e/ou moribundos para o cálculo da mortalidade acumulada durante o experimento.

#### 2.1.4. Perifíton

Durante o experimento foi feita a coleta de uma área conhecida de perifíton (532 cm<sup>2</sup>) nos substratos para avaliar o peso da matéria seca do mesmo. As amostras foram coletadas bimensalmente a uma profundidade entre 40 a 50 cm das telas dos hapas e dos painéis de substrato, foram armazenadas em potes plásticos de 200 e 500mL e colocados na estufa com circulação de ar a 60°C durante o período de 24 a 48 horas. Após a secagem do material, foi pesado na balança analítica (Denver APX -200) o pote com e sem a matéria seca coletada.

#### 2.1.5. Análise Estatística

A análise estatística foi realizada no StatSoft Statistica 7.0. Inicialmente, foi avaliada a similaridade das condições experimentais de qualidade da água entre os tratamentos agrupados em um único viveiro (Grupo 1: [T100] Cb:C e Cb:C-50 e Grupo 2: [T50] Cb:C e Cb:C-100). A análise de variância confirmou a similaridade dos dois grupos com ausência de diferença significativa ( $p > 0,05$ ) para todos os parâmetros de qualidade da água avaliados em três períodos: início, final e média do período todo.

A partir desta constatação, foi aplicada análise de variância (ANOVA) comparando os quatro tratamentos (2 IMTAs e 2 manejos alimentares) para todos os parâmetros de desempenho e qualidade da água e, quando observada diferença significativa ( $p < 0,05$ ), as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). Cada espécie de peixe foi comparada de forma independente entre os tratamentos. Não houve comparação das espécies dentro de cada tratamento.

Para a matéria seca de perifíton acumulada nos substratos, foi aplicada a ANOVA, seguida de teste de Tukey (5%) para comparação das médias dos tratamentos ([T50] Cb:C, [T100] Cb:C e Cb:C-50) dentro de cada tempo de avaliação (Início da fase I, Transição Fase I e II, Término da Fase II).

### **3. RESULTADOS**

#### **3.1. Desempenho produtivo**

##### **3.1.2. Fase I**

As tilápias-do-nilo do tratamento [T100] Cb:C receberam o dobro de ração em relação às tilápias-do-nilo do tratamento [T50] Cb:C e tiveram o ganho de peso 48% superior ao [T50] Cb:C, como consequência a conversão alimentar do tratamento com a restrição de alimentação foi 36% menor do que o [T100] Cb:C. Neste modelo de IMTA com as tilápias-do-nilo em hapas ([T100] Cb:C e [T50] Cb:C) o ganho de peso das espécies não alimentadas foi superior aos IMTAs sem a presença da tilápia-do-nilo (Cb:C-50 e Cb:C-100). Para o carpa-capim o maior ganho de peso foi observado no [T50] Cb:C que apresentou ganho de peso 2,4 vezes maior que o Cb:C-50, 45% superior ao [T100] Cb:C e 23% maior que o Cb:C-100 (Figura 3).

A conversão alimentar de 1,6 e 1,7 dos IMTAs Cb:C confirma que nestas condições, os curimatás e as carpas-capim não foram eficientes em aproveitar a ração comercial. Por outro lado, nos IMTAs [T] Cb:C, essas espécies se mostraram eficientes em aproveitar o alimento natural proveniente da ciclagem de nutrientes das tilápias-do-nilo alimentadas dentro dos hapas (Tabela 2). A presença dessas espécies proporcionou o aumento da produtividade desses IMTAs, e reduziu a CAA em 17% no tratamento [T50] Cb:C e 30% no [T100] Cb:C em relação a CAA da tilápia-do-nilo.

##### **3.1.2 Fase II**

O melhor desempenho zootécnico dos curimatás e carpas-capim com a presença de tilápias-do-nilo na fase I nos levou a incluir tilápias-do-nilo na fase II como espécie complementar em todos os IMTAs estudados.

Os peixes ganharam biomassa similar em ambas as fases sendo que a fase I teve duração 2,6 vezes maior do que a fase II. O aumento da temperatura durante a segunda fase do experimento colaborou para o melhor desempenho das espécies utilizadas. O ganho de peso das tilápias-do-nilo alimentadas no [T100] Cb:C:T foi 37% superior ao [T50] Cb:C:T que recebeu metade da ração recomendada, o que resultou em uma conversão alimentar 17% menor em relação ao [T100] Cb:C:T (Figura 3 e Tabela 2). Nestes IMTAs [T] Cb:C:T as tilápias-do-nilo não alimentadas apresentaram o mesmo ganho de peso que as alimentadas com 50% da ração em hapas (Figura 3).

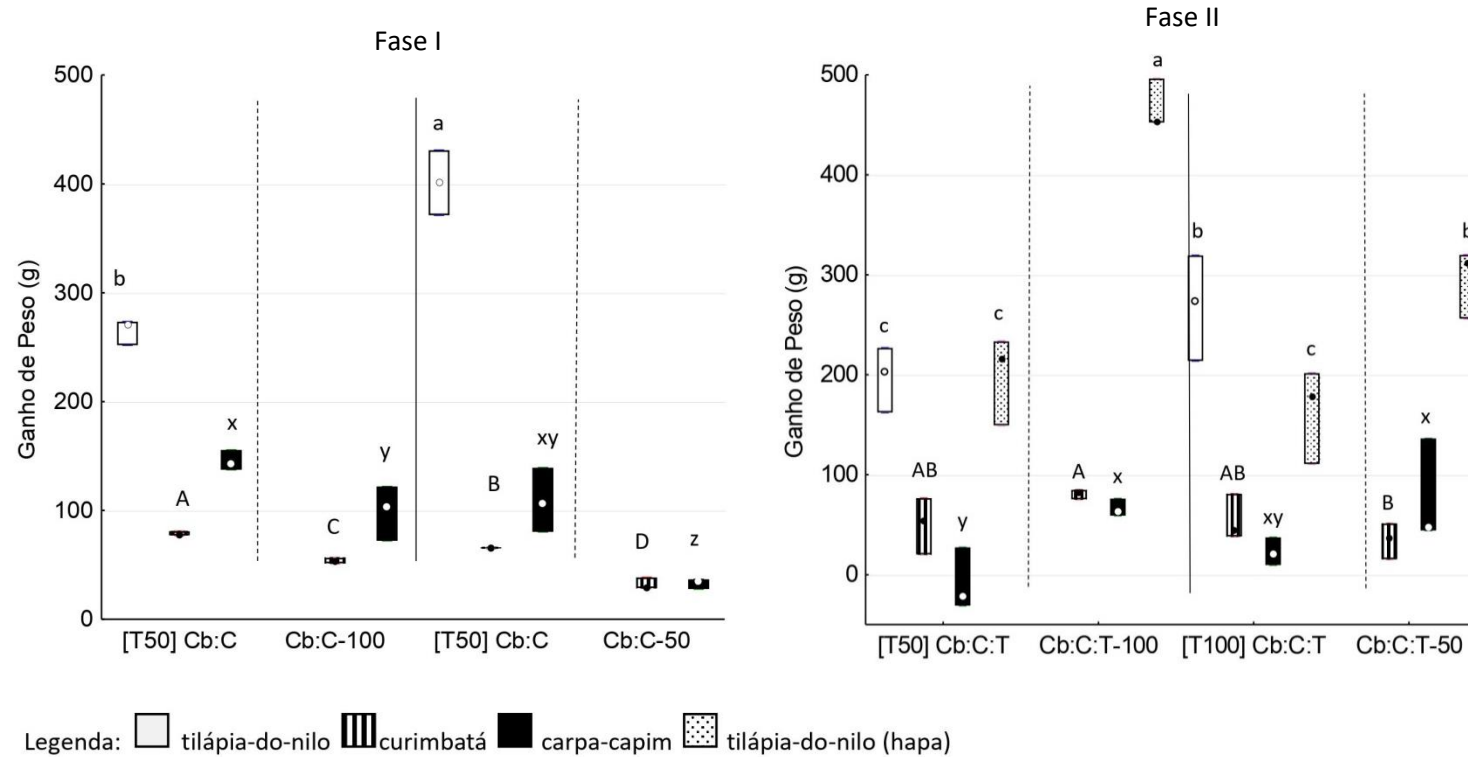
Por outro lado, nos IMTAs Cb:C:T, embora as tilápias-do-nilo tenham sido inseridas como espécie complementar, seu comportamento e voracidade alimentar a caracterizaram como espécie principal. No tratamento Cb:C:T-100 as tilápias-do-nilo ganharam 415g em 62 dias e no tratamento Cb:C:T-50 o ganho de peso foi de 315g similar as tilápias-do-nilo alimentadas nos hapas com 100% da ração recomendada ([T100] Cb:C:T) (Figura 3). A presença de tilápias-do-nilo em todos os IMTAs resultou em um ganho de peso dos curimatás similar entre todos os tratamentos, sendo o Cb:C:T-100 o maior valor, seguido dos IMTAs [T] Cb:C:T e com Cb:C:T-50 apresentando o menor ganho de peso (Figura 3).

Os IMTAs estudados se mostraram vantajosos em relação aos monocultivos inteiramente arraçoados, com produtividade final até 6 t/ha sem renovação de água (Tabela 2). A CAA foi drasticamente reduzida para valores de até 0,95 nos tratamentos com restrição de 50% da ração e 1,28 nos tratamentos alimentados com 100% da ração recomendada (Tabela 2). A melhora da conversão alimentar nos tratamentos alimentados com 50% da ração foi possível através do incremento de alimento natural proveniente do perifíton. A tilápia-do-nilo aparentemente apresenta maior habilidade em relação as demais espécies, em aproveitar o alimento natural assim como a ração comercial.

**Tabela 2.** Indicadores de desempenho zootécnico dos tratamentos durante as duas fases do experimento.

	Fase I			
	[T50]Cb:C	Cb:C-100	[T100] Cb:C	Cb:C-50
Produtividade (kg/m <sup>2</sup> )	0,710,02 a	0,11±0,01 b	0,71±0,03 a	0,06±0,01 c
Produtividade (peixe/m <sup>2</sup> )	2,9	1,6	2,3	1,6
Sobrevivência (%)	97,4±0,02	100	98,5±0,05	100
CAA total das espécies	0,94±0,03 a	1,7±0,4 b	1,15±0,05 a	1,61±0,05 b
CAA da tilápia-do-nilo (dentro do hapa)	1,1±0,02 a	-	1,5±0,1 b	-
	Fase II			
	[T50]Cb:C:T	Cb:C:T-100	[T100] Cb:C:T	Cb:C:T-50
Produtividade (kg/m <sup>2</sup> )	0,44±0,01 b	0,57±0,01 a	0,43±0,01 b	0,34±0,01 c
Produtividade (peixe/m <sup>2</sup> )	1,3±0,01	1,5	1,3±0,01	1,5
Sobrevivência (%)	95,7±7,1	100	94,5±2,06	100
CAA total das espécies	0,94±0,06 a	1,29±0,06 b	1,28±1,14 b	0,96±0,06 a
CAA da tilápia-do-nilo (dentro do hapa)	1,57±0,22 a	-	1,84±0,27 b	-

Nota: Fase I: IMTA [T] Cb:C com tilápias-do-nilo em hapas e curimatás e carpas-capim sem alimentação no entorno ([T100] Cb:C=100% da ração e [T50] Cb:C= 50% da ração) e IMTA Cb:C com curimatás e carpas-capim com alimentação comercial (Cb:C-100=100% da ração e Cb:C-50= 50% da ração) e a inserção de substratos no tratamento com restrição alimentar. Fase II com a inserção da tilápia-do-nilo como espécie complementar nos IMTAs; CAA= Conversão alimentar aparente.



**Figura 3.** Ganho de peso obtido nos modelos de IMTA propostos.

Nota: Composição da fase I: IMTA [T] Cb:C com tilápias-do-nilo em hapas e curimbatás e carpas-capim sem alimentação ao entorno com duas taxas de arraçoamento ([T100] Cb:C=100% da ração e [T50] Cb:C= 50% da ração) e IMTA Cb:C com curimbatás e carpas-capim alimentados com duas taxas de arraçoamento (Cb:C-100=100% da ração e Cb:C-50= 50% da ração) e a inserção de substratos no tratamento com restrição alimentar;

Composição da fase II: IMTA [T] Cb:C:T com tilápias-do-nilo em hapas e curimbatás, carpas-capim e tilápias-do-nilo sem alimentação ao entorno com duas taxas de arraçoamento ([T100] Cb:C:T=100% da ração e [T50] Cb:C:T= 50% da ração) e IMTA Cb:C:T com curimbatás, carpas-capim e tilápias-do-nilo alimentados com duas taxas de arraçoamento (Cb:C:T-100=100% da ração e Cb:C:T-50= 50% da ração) e a inserção de substratos no tratamento com restrição alimentar.

Comparação de médias realizada independentemente para cada espécie. Médias seguidas de letras diferentes na linha diferem entre si (Tukey  $p < 0,05$ ). Letras a, b, c e d comparam tilápias-do-nilo; letras A, B, C e D comparam curimbatás e letras x e y comparam carpas-capim.

### 3. 2. Qualidade da Água

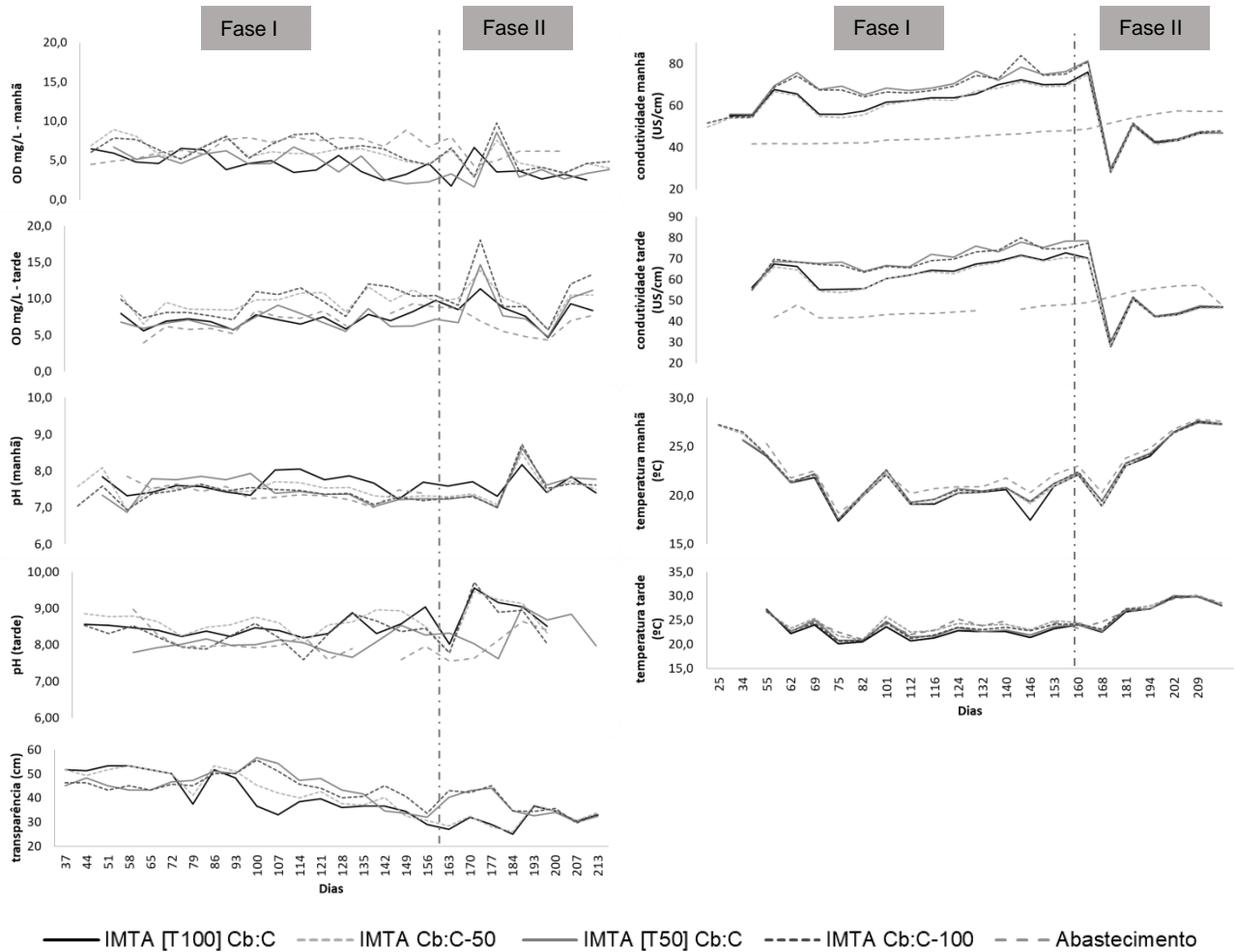
Os parâmetros de qualidade de água permaneceram aceitáveis durante o cultivo. Os níveis de oxigênio dissolvido apresentaram variação entre os tratamentos na Fase I, sendo que os IMTAs [T] Cb:C, no qual as tilápias-do-nylo estavam confinadas em hapas, com menores valores médios (Tabela 2). O pH encontrado no presente estudo apresentou uma grande variação durante o experimento no período da tarde (Figura 4). Houve diferença entre os tratamentos dispostos no mesmo viveiro na Fase I, no qual os tratamentos [T100] Cb:C e Cb:C-50 apresentaram valores maiores do que o tratamento [T50] Cb:C (Tabela 3). Com relação aos nutrientes da água, não houve diferença estatística entre os viveiros em ambas as fases estudadas (Tabela 3). Desde o início do experimento, o fosforo total apresentou valores maiores que o permitido pela Resolução CONAMA N° 357, de 17 de março de 2005 para águas da Classe II (Brasil, 2005), provavelmente pela elevada concentração deste nutriente na água de abastecimento.

**Tabela 3.** Variáveis de qualidade de água durante as duas fases do experimento.

Fase I	[T50]Cb:C	Cb:C-100	[T100]Cb:C	Cb:C-50	Abastecimento
Fase II	[T50]Cb:C:T	Cb:C:T-100	[T100]Cb:C:T	Cb:C:T-50	
<b>Temperatura manhã (°C)</b>					
Fase I	21,2±2,0	21,5± 2,5	20,8± 2,2	21,4± 2,5	21,5± 1,7
Fase II	25,7± 1,7	25,7±1,7	25,7± 1,9	25,7± 1,8	26,1 ± 1,7
<b>Temperatura tarde (°C)</b>					
Fase I	23,8±2,7	24,4± 2,6	23,3± 2,9	24,5± 2,5	23,8± 1,5
Fase II	28,5± 1,2	28,6± 1,2	28,3± 1,3	28,6± 1,1	28,3± 1,3
<b>OD manhã (mg L<sup>-1</sup>)</b>					
Fase I	6,4± 1,6b	6,4± 1,5a	4,5± 1,4b	6,1± 1,5a	6,8± 1,3
Fase II	4 ± 2,5	4,7± 2,4	3,4± 1,7	4,4± 1,7	6,0± 1,1
<b>OD tarde (mg L<sup>-1</sup>)</b>					
Fase I	7,0± 1,0b	9,4± 1,6a	7,4± 1,2b	9,6± 1,3a	7,1± 1,6
Fase II	9,5± 4,1	10,2± 3,9	8,3± 2,3	9,9± 2,7	6,4± 1,6
<b>pH manhã</b>					
Fase I	7,4± 0,3	7,3± 0,3	7,6± 0,6	7,5± 0,4	7,4± 0,2
Fase II	7,7± 0,7	7,6± 0,5	7,6± 0,4	7,7± 0,7	7,6± 0,4
<b>pH tarde</b>					
Fase I	8,1± 0,2b	8,3± 0,3ab	8,4± 0,3a	8,6± 0,3a	8,0± 0,4
Fase II	8,4± 0,8	8,6± 0,7	8,9± 0,7	8,8± 0,7	8,2± 0,4
<b>Condutividade (µS cm<sup>-1</sup>)</b>					
Fase I	69,3± 7,6	68,6±7,3	64,4± 6,6	62,7± 6,4	44,7± 2,5
Fase II	49,0± 16,3	49,2± 16,2	47,7± 13,9	47,4± 13,6	54,6± 3,3
<b>Transparência</b>					
Fase I	43,7± 6,7	43,9± 5,3	39,7± 9,3	41,4± 9,0	>50,0
Fase II	32,4± 5,2	31,6± 5,1	31,6± 6,8	31,9± 6,8	30,6± 5,6
<b>Amônia (mg L<sup>-1</sup>)</b>					
Fase I		0,066± 0,03		0,076± 0,04	0,06± 0,02
Fase II		0,075± 0,03		0,079± 0,05	0,046± 0,02
<b>Nitrito (mg L<sup>-1</sup>)</b>					
Fase I		0,011± 0,04		0,004± 0,02	0,003± 0,04
Fase II		0,015± 0,02		0,004± 0,01	0,003± 0,00
<b>Nitrato (mg L<sup>-1</sup>)</b>					
Fase I		0,003± 0,01		0,001± 0,00	0,0005± 0,00
Fase II		0,004167± 0,01		0,0011± 0,00	0,001± 0,00
<b>Fósforo total (mg L<sup>-1</sup>)</b>					
Fase I		0,105± 0,09		0,122± 0,13	0,018± 0,01
Fase II		0,174± 0,02		0,192± 0,07	0,046± 0,03

OD=Oxigênio dissolvido. Médias seguidas de letras diferentes na linha diferem entre si (Tukey p<0,05).





**Figura 4.** Variáveis de qualidade de água ao longo do período experimental. Linha tracejada delimita as fases do experimento; Após os 160 dias houve inserção das tilápias-do-nilo nos IMTAs e início da fase II alterando a nomenclatura dos tratamentos no qual o IMTA [T] Cb:C passa a ser IMTA [T] Cb:C:T e IMTA Cb:C passa a ser IMTA Cb:C:T mantendo as mesmas taxas de arraçoamento. OD=oxigênio dissolvido no período da manhã e da tarde.

### 3. 3. Perifiton

A maior colonização aparente do perifiton foi observada nos IMTAs [T] Cb:C em que este alimento natural se fixou nas paredes do hapa (Figura 7) apresentando maiores valores em relação ao tratamento Cb:C-50 durante a transição da fase I para a fase II até o termino do experimento.

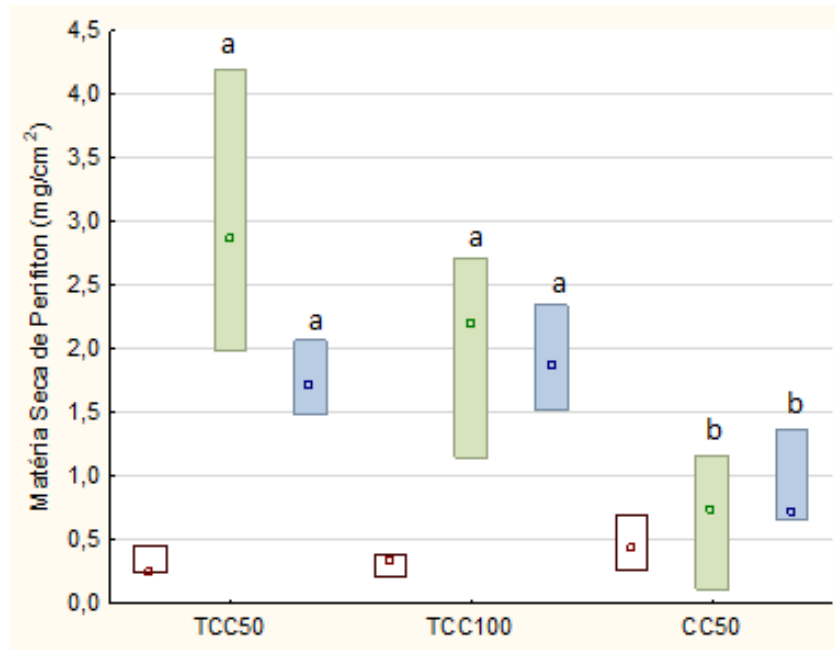


Figura 5. Matéria seca do perifiton ( $\text{mg}/\text{cm}^2$ ) durante o experimento. Tratamentos [T50] Cb:C e [T100] Cb:C referente a colonização dos hapas e Cb::C-50 colonização dos painéis. Legenda:  Início Fase I  Transição Fase I e II  Fase II

Nota: letras diferentes representam diferença estatística ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos dentro de cada tempo de avaliação (diferentes cores).

#### 4. DISCUSSÃO

Houve reduzida mortalidade durante o experimento e não houve diferença entre os tratamentos. Grande parte da primeira fase do cultivo foi conduzida durante as estações de outono e inverno, com temperatura abaixo da adequada para tilápias-do-nilo. Entretanto, o aumento da temperatura na segunda fase possibilitou um melhor desenvolvimento para as espécies estudadas. Os peixes ganharam biomassa similar em ambas as fases, mesmo com a fase I perdurando 2,6 vezes mais que a fase II. As tilápias-do-nilo consomem mais ração quando cultivadas a 32°C (Moura *et al.* 2007) evidenciando a interferência da temperatura no desenvolvimento desta espécie. Curimbatás e carpas-capim apresentam boa adaptação a variações de temperatura, desde que não ultrapasse 34°C, passando a prejudicar seu desempenho produtivo (Sverlij *et al.* 1993; Cudmore *et al.*, 2004; Moura *et al.* 2007).

O aumento da temperatura, luz e nutrientes são fatores de influência na comunidade fitoplânctonica (Edwards *et al.* 2016). A transparência é um parâmetro importante na criação de peixes uma vez que o fitoplâncton é fonte ou faz parte da complementação alimentar de algumas espécies, incluindo os das Famílias Cichlidae e Cyprinidae (Dempster, 1993). Os valores de transparência da água encontrados no presente trabalho foram decrescentes ao longo do período experimental, indicando a crescente produção primária e/ou turbidez.

A condutividade permite estimar a concentração de matéria orgânica iônica dissolvida na água (Sipaúba-Tavares, 2013). Apesar da ausência de diferença estatística (Tabela 3), as curvas ao longo do período (Figura 4) demonstram que a condutividade nos tratamentos Cb:C-100 e [T50] Cb:C tenderam a serem superiores aos do viveiro Cb:C-50 e [T100] Cb:C, podendo indicar o reduzido aproveitamento da ração pelos curimbatás e carpas-capim alimentadas com 100% da ração recomendada, associado a maior porcentagem de proteína bruta desta ração (40%). No entanto, na fase II, quando a densidade foi reduzida e houve a inserção da tilápia-do-nilo, os valores de condutividade entre todos os tratamentos foram diminuídos e similares.

As concentrações de fósforo total estiveram acima do permitido pela resolução CONAMA para Classe II (até 0,05 mg/L) (Brasil, 2005) durante todo o

experimento. David *et al.* (2017) apontam a ração como maior fonte de entrada de fósforo em um cultivo integrado de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) e camarão-da-amazonia (*Macrobrachium amazonicum*) bem como a sua maior concentração no sedimento, dessa forma, dada as condições do cultivo, em que a fonte de abastecimento é rica em fósforo (devido a presença de vegetação que se decompõe ao longo do tempo) e todo o cultivo feito sem a renovação de água é justificável o acúmulo deste nutriente.

Os curimatás na primeira fase apresentaram baixo crescimento nos tratamentos Cb:C, em que era oferecida ração comercial, nesse sistema de cultivo, as espécies apresentaram maiores valores de conversão alimentar entre todos os tratamentos indicando uma baixa eficiência em aproveitar a ração. Em um estudo com diferentes porcentagens de proteína bruta na composição de rações comerciais nas fases de alevinagem e juvenis de curimatá (*Prochilodus scrofa*), rações com 44% de PB ofereceram melhores condições para o desenvolvimento da espécie (Bernardes *et al.*, 2012). Ainda neste estudo, no período de 150 dias o peso médio alcançado pelos curimatás foi de 43,49g, abaixo do encontrado nos tratamentos [T] Cb:C (curimatás sem alimentação) e Cb:C-100 do presente estudo ficando acima apenas do tratamento Cb:C-50 que foi submetido à restrição alimentar. Portanto, esses resultados colaboram para que o curimatá seja utilizado como espécie secundária ou complementar em um IMTA ao invés de espécie principal arraçada.

No tratamento Cb:C-50 os curimatás não foram capazes de suprir a restrição alimentar aproveitando o perifíton como alimento natural, provavelmente porque os substratos deste tratamento apresentaram baixa colonização desde o início do experimento (Figura 5). Em um estudo com curimatás em diferentes bacias hidrográficas, Benedito *et al.* (2018) descreveram a variabilidade e na dieta de curimatás de vida livre de acordo com sua localidade. Dentre os principais itens descritos, estão o perifíton, fitoplâncton, sedimento e biomassa microbiana do solo e algas. Devido ao seu hábito alimentar, a utilização do curimatá em sistemas de policultivo ou IMTAs vem sendo recentemente explorada. A utilização desta espécie iliófaga foi avaliada em um cultivo integrado com o tambaqui (*Colossoma macropomum*) e camarão da amazonia (*Macrobrachium amazonicum*) com o objetivo de

aumentar o rendimento total e melhorar o aproveitamento dos nutrientes provenientes da dieta oferecida (Franchini et al., 2020). Foi constatado que a inserção do curimatá não afetou o desenvolvimento do tambaqui evidenciando a possibilidade do cultivo integrado dessas três espécies.

Quando a tilápia-do-nilo foi inserida nos tratamentos Cb:C como espécie complementar na fase II, essa assumiu o papel de espécie principal no IMTA se beneficiando da ração e não competindo com a carpa-capim e curimatá pelo alimento natural disponível. Nesse cultivo, a tilápia-do-nilo apresentou o melhor ganho de peso se comparado aos IMTAs [T] Cb:C:T. Desde a fase I do experimento, curimatás e carpas-capim apresentaram melhor desempenho quando cultivados na presença da tilápia-do-nilo e sem receber o arraçoamento. Entretanto, após a inserção da tilápia-do-nilo nos tratamentos [T] Cb:C:T, houve uma competição por alimento natural entre a carpa-capim e as tilápias-do-nilo, no qual as carpas foram prejudicadas pela concorrência apresentando baixo desempenho na segunda fase quando comparado aos tratamentos Cb:C:T. Esses resultados corroboram para a hipótese de que quando cultivados juntos, mantendo a tilápia-do-nilo como espécie principal arraçoada confinada sem contato com as demais espécies (em hapa), curimatás e carpas-capim apresentam um bom desempenho zootécnico.

É provável que na composição de IMTA estudado, os hábitos alimentares da carpa-capim não a favoreceram. Embora possa se alimentar de uma grande variedade de espécies como: Cladóceras, Copepoda, pequenos invertebrados, algas, ninfas, etc a carpa-capim apresenta preferências por macrófitas ou vegetais terrestres se estes forem disponíveis (Chilton e Muoneke, 1992; Edwards, 1973). Quando avaliada a digestibilidade do perifíton cultivado em bambu por diferentes espécies aquícolas, entre elas a carpa-capim (*Ctenopharyngodon idella*), a espécie apresentou os maiores níveis de digestibilidade do perifíton dentre as espécies analisadas (Gangadhara et al., 2004). Segundo os autores, a carpa-capim apresenta potencial para aquicultura baseada em perifíton. Com base em vários estudos que analisaram a suplementação da dieta da carpa-capim com a utilização de diferentes fontes proteicas e silagens (Camargo, 2006; Costa et al., 2008; Souza, 2008; Nascimento et al., 2018; Sponchiado, 2018), recomendamos a inclusão destes

alimentos em futuros IMTAs com a carpa-capim. Ao analisar a utilização de diferentes silagens (silagem de capim-elefante, capim-colonião, capim-tifton e *Brachiaria sp in natura*) para a alimentação da carpa utilizando suplementação com ração extrusada com 30%PB a cada dois dias, foi constatado que com o fornecimento de capim-tifton a espécie apresentou melhor ganho de peso (23,1g) em 45 dias e uma conversão alimentar aparente (1,45) (Nascimento *et al.*, 2018). Entretanto, este manejo deve ser recomendado com cautela, pois Satiro *et al.* (2018) e Camargo *et al.* (2006) constataram que carpas-capim apresentaram subnutrição e alta mortalidade quando alimentadas apenas com forragens. Assim, a melhor dieta para carpas-capim seria a oferta de ração com a complementação de forragens (Chilton e Muoneke, 1992, Camargo, 2006; Costa *et al.*, 2008).

Nos tratamentos em que a tilápia-do-nilo foi submetida a restrição alimentar ([T50] Cb:C, [T50] Cb:C:T e Cb:C:T-50) esta conseguiu complementar sua dieta com alimento natural disponível (perifíton) e como consequência houve a diminuição da conversão alimentar. A tilápia-do-nilo é considerada um herbívoro verdadeiro, pois possui um sistema digestório eficiente capaz de digerir pequenos animais bentônicos, algas e também detritos (Beveridge e Baird, 2000). Peixes herbívoros, como a tilápia-do-nilo, são capazes de melhor aproveitar o perifíton, pois devido ao tamanho do seu intestino o alimento permanece por mais tempo no organismo garantindo uma melhor digestão (Gangadhara *et al.*, 2004). A tilápia-do-nilo apresenta preferência em consumir algas perifíticas ao invés de provenientes do fitoplâncton (Dempster, 1995). A seletividade da espécie muitas vezes esta relacionada ao tamanho e disponibilidade do alimento (Huchette, 2000; Dempster, 1995). O perifíton é um alimento natural com altos níveis proteicos, vitaminas e minerais (Moschini-Carlos, 1999) e vem sendo utilizado na aquicultura como forma de complementar a dieta e diminuir a entrada de insumos sem interferir no desempenho das espécies. Em vários estudos foram utilizados diferentes substratos para o crescimento do perifíton e sua utilização na aquicultura. Na aquicultura orgânica a inserção de substratos aparece como uma alternativa, a utilização de substratos ocupando 30-40% da área do viveiro diminui 30-40% dos insumos gastos em alimentação em uma densidade de 1,5 peixes/m<sup>2</sup> (Milstein *et al.*,

2005, 2013). A redução da densidade de tilápias-do-nilo em tanquerredes e a inserção de substratos em diferentes taxas de arraçoamento (100% e 50%) possibilitaram uma produtividade de 52 kg/m<sup>3</sup> com redução de 32% da dieta resultando em um índice de lucratividade até 87% maior que o atualmente atingido nesse sistema (Garcia *et al.*, 2013, 2016, 2017). Em efluente de monocultivo da espécie, é possível cultivar tilápias-do-nilo sem a alimentação comercial (ração) com a inserção de substratos para o crescimento do perifíton, nessas condições, os cultivos apenas com o substrato sem alimentação e com restrição de 50% da alimentação comercial obtiveram peso final similar possibilitando a utilização desse cultivo aos produtores (David *et al.*, 2021). A utilização de substratos em IMTA é pouco estudada, em um cultivo em que foi avaliada a utilização de substratos na produção de camarão da malasia (*Macrobrachium rosenbergii*) e tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) foi constatada uma melhora no rendimento da tilápia-do-nilo em 56% e um ganho de peso 30% maior (Uddin *et al.*, 2009). Em contrapartida, a adição de substratos em um IMTA contendo tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) e camarão-da-amazônia (*Macrobrachium amazonicum*) não apresentou efeito no crescimento e produtividade da tilápia-do-nilo. Entretanto houve maior proporção de camarões de maior tamanho no tratamento com a presença do substrato (Rodrigues *et al.*, 2019). Dessa forma é necessário explorar as possibilidades do uso do substrato em diferentes combinações de cultivo multitrofico.

## CONCLUSÃO

As tilápias-do-nilo tiveram importante papel na disponibilização de nutrientes e, conseqüentemente, produção de alimento natural para os curimatás. Quando inseridas em um mesmo ambiente que curimatás e carpa-capim, seu comportamento e voracidade alimentar a caracterizaram como espécie principal. Esta espécie apresenta maior habilidade em relação as demais espécies, em aproveitar o alimento natural assim como a ração comercial. Dessa forma, é aconselhável a utilização desta espécie em um cultivo multiespacial em que seja separada das demais espécies, por exemplo dentro de hapas.

Nos sistemas de IMTA propostos as espécies secundárias e complementares (carpa-capim, curimatá e tilapia-do-nilo) se mostraram

eficientes na ciclagem de nutrientes provenientes da ração da espécie principal (tilápia-do-nylo). Nessas condições, o cultivo apresentou uma redução da conversão alimentar com valores de até 0,95 nos tratamentos com a restrição alimentar e 1,28 nos tratamentos com 100% da alimentação comercial.

A ciclagem dos nutrientes no sistema proposto possibilitou uma produtividade de 6 t/ha sem renovação de água. Os IMTAs estudados se mostraram uma boa alternativa para pequenos produtores, que podem alcançar boa produtividade e diversificar suas espécies aquícolas em uma mesma área sem o aumento de insumos.



## REFERÊNCIAS

- Abbas, A. M., & Kamel, M. M. (2020). Dietary habits in adults during quarantine in the context of COVID-19 pandemic. *Obesity medicine*, *19*, 100254.
- Azim, M.E., Verdegem, M. C., van Dam, A. A., & Beveridge, M. C. (Eds.). (2005). *Periphyton: ecology, exploitation and management*. CABI
- Bernardes, C.L., Públio, J.Y., 2012. Proteína bruta no desenvolvimento de curimbas (*Prochilodus scrofa*). *Semin. Agrar.* *33*, 381–390. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2012v33n1p381>
- Benedito, E., Santana, A. R. A., & Werth, M. (2018). Divergence in energy sources for *Prochilodus lineatus* (Characiformes: Prochilodontidae) in Neotropical floodplains. *Neotropical Ichthyology*, *16*.
- Beveridge, M.C.M., Baird, D.J., 2000. Diet, feeding and digestive physiology. *Tilapias Biol. Exploit.* *59–87*. [https://doi.org/10.1007/978-94-011-4008-9\\_3](https://doi.org/10.1007/978-94-011-4008-9_3)
- Camargo, J. B. J., Neto, J. R., Emanuelli, T., Lazzari, R., Costa, M. L., Losekann, M. E., ... & dos Santos Medeiros, T. (2006). Cultivo de alevinos de carpa capim (*Ctenopharyngodon idella*) alimentados com ração e forragens cultivadas. *Current Agricultural Science and Technology*, *12*(2).
- Carrasquilla-Henao, M., González Ocampo, H.A., Luna González, A., Rodríguez Quiroz, G., 2013. Mangrove forest and artisanal fishery in the southern part of the Gulf of California, Mexico. *Ocean Coast. Manag.* *83*, 75–80. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2013.02.019>
- Costa, M. L., Radünz Neto, J., Lazzari, R., Losekann, M. E., Sutili, F. J., Brum, Â. Z., ... & Grzecczinski, J. A. (2008). Juvenis de carpa capim alimentados com capim teosinto e suplementados com diferentes taxas de arraçoamento. *Ciência Rural*, *38*, 492-497.
- Chilton, E.W., Muoneke, M.I., 1992. Biology and management of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*, Cyprinidae) for vegetation control: a North American perspective. *Rev. Fish Biol. Fish.* *2*, 283–320. <https://doi.org/10.1007/BF00043520>
- Cudmore, B., Mandrak, N.E., Canada, B.O.N.L.R., 2004. Biological Synopsis of Grass Carp (*Ctenopharyngodon idella*). *Can. Manuscr. Rep. Fish. Aquat. Sci.* *2705* 1–44.
- David, F.S., Proença, D.C., Valenti, W.C., 2017. Phosphorus Budget in Integrated Multitrophic Aquaculture Systems with Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus*, and

- Amazon River Prawn, *Macrobrachium amazonicum*. J. World Aquac. Soc. 48, 402–414. <https://doi.org/10.1111/jwas.12404>
- David, L.H.C., Pinho, S.M., Garcia, F., 2018. Improving the sustainability of tilapia cage farming in Brazil: An emergy approach. J. Clean. Prod. 201, 1012–1018. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.08.124>
- Edwards, K.F., Thomas, M.K., Klausmeier, C.A., Litchman, E., 2016. Phytoplankton growth and the interaction of light and temperature: A synthesis at the species and community level. Limnol. Oceanogr. 61, 1232–1244. <https://doi.org/10.1002/lno.10282>
- Franchini, A.C., Costa, G.A., Pereira, S.A., Valenti, W.C., Moraes-Valenti, P., 2020. Improving production and diet assimilation in fish-prawn integrated aquaculture, using iliophagus species. Aquaculture 521, 735048. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735048>
- Gangadhara, B., Keshavanath, P., Ramesha, T.J., Priyadarshini, M., 2004. Digestibility of bamboo-grown periphyton by carps (*Catla catla*, *Labeo rohita*, *Cirrhinus mrigala*, *Cyprinus carpio*, *Ctenopharyngodon idella*, and Tor khudree and hybrid red tilapia (*Oreochromis mossambicus* X *O. niloticus*). J. Appl. Aquac. 15, 151–162. [https://doi.org/10.1300/J028v15n03\\_12](https://doi.org/10.1300/J028v15n03_12)
- Garcia, F., Romera, D.M., Sousa, N.S., Paiva-Ramos, I., Onaka, E.M., 2016. The potential of periphyton-based cage culture of Nile tilapia in a Brazilian reservoir. Aquaculture 464, 229–235. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.06.031>
- Garcia, F., Sabbag, O.J., Kimpara, J.M., Romera, D.M., Sousa, N.S., Onaka, E.M., Ramos, I.P., 2017. Periphyton-based cage culture of Nile tilapia: An interesting model for small-scale farming. Aquaculture 479, 838–844. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.07.024>
- Edwards, D.J., 1973. Aquarium studies on the consumption of small animals by O-group grass carp, *Ctenopharyngodon idella* (Val.). J. Fish Biol. 5, 599–605. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1973.tb04493.x>
- Marques, N.R., Hayashi, C., Galdioli, E.M., Fernandes, C.E.B., 2007. Seletividade alimentar de organismos-alimento por formas jovens de pacu *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887) e curimba *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1836). Acta Sci. - Biol. Sci. 29, 167–176. <https://doi.org/10.4025/actascibiolsci.v29i2.523>
- Milstein, A., Joseph, D., Peretz, Y., & Harpaz, S. (2005). Evaluation of organic tilapia culture in periphyton-based ponds.
- Milstein, A., Ahmed, A.F., Masud, O.A., Kadir, A., Wahab, M.A., 2006. Effects of the filter feeder silver carp and the bottom feeders mrigal and common carp on small indigenous fish species (SIS) and pond ecology. Aquaculture 258, 439–451. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.04.045>

- Milstein, A., Naor, A., Barki, A., & Harpaz, S. (2013). Utilization of periphytic natural food as partial replacement of commercial food in organic tilapia culture-an overview. *Transylvanian Review of Systematical and Ecological Research*, 15(1), 49.
- Moschini-Carlos, V. (1999). Importância, estrutura e dinâmica da comunidade perífita nos ecossistemas aquáticos continentais. *Perspectivas na Limnologia no Brasil*. Gráfica e Editora União, São Luís, 1-11.
- Moura, G. de S., Oliveira, M.G.A., Lanna, E.T.A., Maciel Júnior, A., Maciel, C.M.R.R., 2007. Desempenho e atividade de amilase em tilápias-do-nilo submetidas a diferentes temperaturas. *Pesqui. Agropecuária Bras.* 42, 1609–1615. <https://doi.org/10.1590/s0100-204x2007001100013>
- do Nascimento, T. G., Matielo, M. D., Mendonça, P. P., Rodrigues, M. F., de Jesus Gonçalves, S., & Queiroz, M. A. Á. (2018). Desempenho de juvenis de carpa-capim (*Ctenopharyngodon idella*) alimentados com silagem de diferentes forrageiras tropicais. *Boletim do Instituto de Pesca*, 42(1), 112-118.
- Satiro, T.M., De Almeida Neto, O.B., Espósito, M., Costa Ramos Neto, K.X., Nogueira, C.H., 2021. Juvenis de carpa capim alimentados com ração e forrageira Zuri (*Panicum maximum*). *Rev. Científica Rural* 23, 239–252. <https://doi.org/10.30945/rcr-v23i1.3980>
- Sipaúba-Tavares, L. H. 2013. *Uso racional da água em aquicultura*. Jaboticabal: Maria de Lourdes Brandel–ME.
- Siqueira, N.S., Rodrigues, L., 2018. Biomassa perífita em tanquesrede de Criação de Tilápia do Nilo - *Oreochromis niloticus* (Linneau, 1758). *Bol. do Inst. Pesca* 35, 181–190.
- Sponchiado, M., Schwarzbald, A., Rotta, M.A., 2018. Desempenho da carpa capim (*Ctenopharyngodon idella*) tendo como alimento a grama boiadeira (*Luziola peruviana*). *Bol. do Inst. Pesca* 35, 295–305.
- Sverlij, S.B., Espinach Ros, A., Ortí, G., 1993. Synopsis de los datos biológicos del sabalo *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1847), Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAO Fisheries Synopsis.
- Tramontino, V. S., Nuñez, J. M. C., Takahashi, J. M. F. K., dos Santos-Daroz, C. B., & Rizzatti-Barbosa, C. M., 2017. Nutrição para idosos. *Revista de Odontologia da Universidade Cidade de São Paulo*, 21(3), 258-267.