

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS PESQUEIRAS NOS  
TRÓPICOS**

**SIMON ALEXIS RAMOS TORTOLERO**

**PISCICULTURA INTEGRADA NA AMAZÔNIA: FAVORECIMENTO À  
PRODUÇÃO DE PERIFITON E SEUS EFEITOS NO CRESCIMENTO DO JARAQUI  
DE ESCAMA GROSSA EM MONOCULTIVO E POLICULTIVO COM TAMBAQUI**

**MANAUS  
2015**

**SIMON ALEXIS RAMOS TORTOLERO**

**PISCICULTURA INTEGRADA NA AMAZÔNIA: FAVORECIMENTO À  
PRODUÇÃO DE PERIFITON E SEUS EFEITOS NO CRESCIMENTO DO JARAQUI  
DE ESCAMA GROSSA EM MONOCULTIVO E POLICULTIVO COM TAMBAQUI**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação da Universidade Federal do Amazonas como requisito para a obtenção do título de Doutor em Ciências Pesqueiras nos Trópicos

**Orientador: Prof. Dr. Bruno Adam Sagratski Cavero**  
**Coorientador: Prof. Dr. Perar Keshavanath**  
**Coorientador: Prof. Dr. Gangadhar Barlaya**

**MANAUS  
2015**

### Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

T712p	<p>Tortolero, Simon Alexis Ramos Piscicultura integrada na Amazônia: favorecimento à produção de perifiton e seus efeitos no crescimento do jaraqui de escama grossa em monocultivo e policultivo com tambaqui / Simon Alexis Ramos Tortolero. 2015 129 f.: il. color; 31 cm.</p>
	<p>Orientador: Bruno Adam Sagratski Cavero Coorientador: Perar Keshavanath Tese (Doutorado em Ciências Pesqueiras nos Trópicos) - Universidade Federal do Amazonas.</p>
	<p>1. Aquicultura. 2. Peixe. 3. Macrófita. 4. Tela plástica. 5. Semaprochilodus insignis. I. Cavero, Bruno Adam Sagratski II. Universidade Federal do Amazonas III. Título</p>

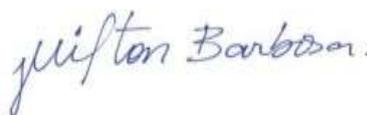
**SIMON ALEXIS RAMOS TORTOLERO**

**PISCICULTURA INTEGRADA NA AMAZÔNIA: FAVORECIMENTO À  
PRODUÇÃO DE PERIFITON E SEUS EFEITOS NO CRESCIMENTO DO JARAQUI  
DE ESCAMA GROSSA EM MONOCULTIVO E POLICULTIVO COM TAMBAQUI**

Tese apresentada ao Programa de Pós-  
graduação da Universidade Federal do  
Amazonas como requisito para a obtenção do  
título de Doutor em Ciências Pesqueiras nos  
Trópicos

**Aprovada em 02 de abril de 2015**

**BANCA EXAMINADORA**



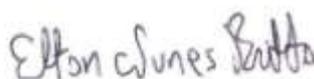
---

Prof. Dr. José Milton Barbosa  
Universidade Federal de Sergipe



---

Prof. Dr. Luis Antonio Kioshi Aoki Inoue  
EMBRAPA – Agropecuária Oeste, Dourados, MS



---

Prof. Dr. Elton Nunes Brito  
Faculdade Estácio Literatus de Sá



---

Prof. Dr. José Carlos de Almeida  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia - AM



---

Prof. Dr. Joel Lima da Silva Junior  
Universidade Federal do Amazonas- UFAM

**Dedico,**

**À minha mãe, *in memoriam*, à minha esposa Francinetti, aos meus filhos Simon e Freddy e aos meus netos João e Pablo, pelo apoio, carinho e paciência.**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por me manter vivo até agora, dando saúde, força e coragem em todas as atividades que tenho realizado na minha vida. Obrigado Senhor pelo que eu sou e tenho.

À minha mãe, *in memorian*, pelo amor, cuidado e dedicação.

À minha esposa Francinetti, pela compreensão durante meus longos e constantes períodos de ausência e pelas palavras de incentivo nos momentos mais difíceis.

Ao meu orientador, Bruno Cavero, pela amizade, confiança e apoio durante a realização deste estudo.

À minha família, na Venezuela, em especial aos meus irmãos, Cristina, Luis Enrique, Edgar, Manoel, Yomaira, Nelly, Elizabeth e Freddy, pelo cuidado, incentivo e apoio emocional durante mais essa etapa.

Ao Dr. S. Ayyappan, Director Geral do Indian Council Agricultural Research-ICAR que autorizou a realização deste estudo de curta duração no Central Institute of Freshwater Aquaculture-CIFA em Bangalore, Índia.

Ao Dr. P. Jayashankar, Director Central Institute of Freshwater Aquaculture (CIFA-Odisha), que autorizou o meu estágio nesta instituição o que possibilitou aprimorar o meu conhecimento sobre a aquicultura baseada no perifiton.

Ao Dr. Perar keshavanath, pelo apoio intelectual e logístico durante minha estadia em Bangalore e, ainda, a sua família, pelo acolhimento caloroso e fraternal durante o período que estive em Mangalore.

Ao Dr. Barlaya Gangadhar, pela orientação e hospitalidade durante o estágio realizado no Central Institute of Freshwater Aquaculture (CIFA-Bangalore).

À equipe do CIFA-Bangalore, pela boa vontade, humildade e disposição em me auxiliar durante o estágio.

Ao professor Dr. Carlos Edvar de Carvalho Freitas, por sua boa vontade e disponibilidade em ajudar a solucionar contratemplos ocorridos durante a realização deste estudo.

À Dra. Eliana Feldberg e pelas recomendações e sugestões tão valiosas na preparação da apresentação da minha aula de qualificação e da tese.

Aos Professores, amigos e colegas do Programa da Pós-Graduação em Ciências Pesqueiras nos Trópicos (CIPET) da UFAM, pelo valioso conhecimento transmitido que auxiliaram na elaboração deste estudo.

À Janaina Gomes de Brito, Maeda Batista Anjos e ao Heitor Thury Barreiro Barbosa, pela excelente atenção e sugestões na redação do texto, revisão da apresentação e pela colaboração nas análises dos dados apresentados nesta tese.

À Climéia Corrêa Soares, pela sua valiosa colaboração na identificação taxonômica do perifíton e pelo apoio logístico.

Ao Professor Dr. Elvis Vasquez Rimachi pelo trabalho fotográfico das algas encontradas no perifíton e ao Renildo Ribeiro de Oliveira pela organização das pranchas de algas perifíticas.

Ao Professor John Patrick Steenbuck pela revisão do inglês dos abstracts.

A Professora Dra. Maria do Perpetuo Socorro Silva da Rocha pela colaboração na formatação do trabalho.

Ao meu entiado, Victor Martins de Lira, pelo apoio técnico na área de informática.

Aos Alunos do Curso de Recursos Pesqueiros (IFAM-CMZL) especialmente a: Amarildo, Alcimar, Alcemir, Rafaia, Ranute e Samara, pelo auxílio em todas as etapas do trabalho de campo.

Ao Dr. Assad Darwich por disponibilizar o uso do laboratório de limnologia pertencente à Coordenação de Biodiversidade (CBIO), na sede do Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia (INPA).

Ao Josedec Mateus Farias Monteiro, pela amizade, apoio, boa vontade e conversas, que enriqueceram meus conhecimentos em diversas áreas.

Ao Dr. Luis Fernando Alves, pelas sugestões em relação à avaliação e caracterização do perifíton, realizada neste estudo e, ainda, pelas nossas conversas sobre a aplicação do princípio termodinâmico na formação do perifíton.

Ao “Grande Carlão” e Tiago Sampaio, por disponibilizarem tanques de suas propriedades para estocagem de alevinos de jaraqui.

À Manoel Pereira, *in memoriam*, por se dispor a me orientar durante a execução desse estudo.

Ao meu grande amigo Pedro Mera, *in memoriam*, que, em vida, era uma pessoa positivista e um grande entusiasta, sempre me incentivando. Além de amigo e “*hermano*”, agradeço por sua contribuição na aquisição de equipamentos fundamentais para a realização deste estudo.

Ao Abreu Pinheiro Novaes, pelo auxílio na calibragem dos equipamentos de medida de qualidade de água.

Ao Amaury Ramos Pereira, por sua gentileza e colaboração no reparo de equipamentos eletrônicos utilizados neste estudo.

Ao Professor José Maurício do Rego Feitosa, ex-diretor do IFAM-CMZL, pelo incentivo constante à capacitação dos profissionais da educação tecnológica federal do Amazonas e pela sua valiosa dedicação e amor à educação e as pessoas.

Ao Técnico do IBGE Adjalma Nogueira Jaques, por sua gentileza em disponibilizar os dados da produção da aquicultura divulgados pelo IBGE.

Aos meus colegas e amigos de trabalho no IFAM, pelo apoio e compreensão durante o período em que estive ausente devido às atividades impostas pelo doutorado.

Ao Fábio Lopes, pela colaboração nas análises de composição centesimal do perifiton.

Ao Roberto Jakutti, por disponibilizar imagens aéreas da Estação de Piscicultura de Balbina.

Ao meu cachorro Sebastião, pela parceria e amizade verdadeira.

À Universidade Federal do Amazonas e ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Pesqueiras nos Trópicos (CIPET), pelo apoio logístico para a realização de parte deste estudo.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do estado do Amazonas- Campus Zona Leste (IFAM-CMZL), por me liberar, parcialmente, das atividades acadêmicas, para que eu pudesse realizar o Doutorado.

À Secretaria de Estado de Produção Rural (SEPROR-AM) e Secretaria de pesca e aquicultura do Amazonas (SEPA-AM), por disponibilizar os tanques da Estação de Piscicultura de Balbina para a realização dos dois experimentos realizados neste estudo.

A todos aqueles que direta ou indiretamente auxiliaram na condução deste estudo.

## RESUMO

### **PISCICULTURA INTEGRADA NA AMAZÔNIA: FAVORECIMENTO À PRODUÇÃO DE PERIFITON E SEUS EFEITOS NO CRESCIMENTO DO JARAQUI DE ESCAMA GROSSA EM MONOCULTIVO E POLICULTIVO COM TAMBAQUI**

A aquicultura baseada no perifiton é aquela em que há o uso de substratos naturais ou artificiais para favorecer a produção do perifiton, que serve como alimento para peixes em cultivo. Teoricamente, esse sistema pode melhorar a conversão da produção primária em biomassa de peixes, tornando o sistema mais eficiente e econômico. Dessa forma, o objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito do uso de substratos natural e artificial em três densidades de cobertura (10%, 20% e 30%), na fixação de perifiton e no crescimento do jaraqui-de-escama-grossa (*Semaprochilodus insignis*) em monocultivo e policultivo com o tambaqui (*Collossoma macropomum*), esse último, com adição de ração. Foram feitos dois experimentos. No primeiro, foi testado o efeito da densidade e tipo de substrato (10%, 20% e 30%) sobre o desempenho zootécnico do jaraqui. No segundo, foi testado o efeito do tipo de substratos, sobre o desempenho zootécnico do jaraqui em policultivo com tambaqui. Foram escolhidos como substrato natural a macrófita (*Pistia stratiotes*) e o artificial a tela plástica. O cultivo foi realizado em tanques de alvenaria de 46m<sup>2</sup> e com profundidade média de 70 cm. Os tanques foram adubados com uréia, superfosfato triplo e farelo de trigo com base na transparência da água (30-50 cm). A diferença entre os tratamentos foi avaliada com o uso da análise de variância com um e dois fatores (ANOVA-two and one way, primeiro e segundo experimento, respectivamente). Ambos os substratos propiciaram uma boa fixação de perifiton, contudo, o substrato natural (macrófita) apresentou maior biomassa de perifiton em ambos os experimentos. No primeiro experimento, o jaraqui apresentou melhor crescimento em peso quando cultivado em tanques, onde foi adicionado substrato artificial nas densidades de 10% e 20% de tela plástica e substrato natural de 20% de *P. stratiotes* para fixação de perifiton. No segundo experimento utilizaram-se 20% de densidade para ambos os substratos. Tanto para o jaraqui como para o tambaqui a maior produtividade foi registrada nos tratamentos com tela plástica. O jaraqui apresentou desempenho zootécnico ligeiramente melhor, quando foi utilizada a tela plástica como substrato para fixação de perifiton. O tambaqui mostrou desempenho satisfatório em todos os tratamentos. Aparentemente, o tambaqui também aproveita o perifiton como alimento alternativo. Estudos futuros serão necessários para poder quantificar a contribuição do perifiton no crescimento do peixe e seus efeitos de economia em termos de ração alimentícia.

Palavras-chave: Aquicultura, Peixes, Macrófita, Tela plástica, *Semaprochilodus insignis* e *Collossoma macropomum*.

## ABSTRACT

### **INTEGRATED PISCICULTURE IN THE AMAZON REGION: BENEFITS TO THE PERIPHYTON PRODUCTION AND ITS EFFECTS IN THE MONOCULTURE OF COARSE SCALE JARAQUI AND ITS POLY CULTURE WITH TAMBAQUI**

Periphyton-based aquaculture is that in which artificial or natural substrates are used in order to benefit fish, periphyton food sources in integrated culture. Theoretically, periphyton-based culture systems could enhance the conversion of primary food production into fish biomass, making the system more efficient and economical. The aim of the present study was to investigate the effect of two types of substrates (natural and artificial) at three densities (10, 20, and 30%), on the growth of coarse scale jaraqui (*Semaprochilodus insignis*) in monoculture and polyculture with tambaqui (*Colossoma macropomum*), the latter with the addition of ration. There were conducted two experiments; in the first, the effect of the density and type of substrate on the performance of Jaraqui was tested (10, 20 and 30%), on the latter, the effect of the type of substrates at 20% density was investigated on the performance of jaraqui when cultured with tambaqui. Natural substrate, macrophyte *Pistia stratiotes* and artificial substrate plastic screen were used. Fish culture was carried out in masonry 46m<sup>2</sup> tanks having average depth of 70 cm. The tanks were fertilized with urea, triple superphosphate and bran based on water transparency (30-50 cm). The difference between treatments was assessed using analysis of variance with two and one factors (Two and one-way ANOVA). The two substrates tested in this study provided good surface for periphyton growth; however, macrophyte supported higher periphyton biomass in both the experiments. On the first experiment, jaraqui showed higher growth in ponds where artificial substrate was added at densities of 10% and 20% and natural substrate *P. stratiotes* at 20%. Based on this result, in the second experiment, 20% density was used for both the substrates. Both jaraqui and tambaqui highest productivity was recorded in the treatments with plastic screen. Jaraqui showed slightly better growth performance with plastic screen as substrate. Tambaqui showed good performance in both treatments. Apparently, tambaqui leverages periphyton as an alternative food ration. Further studies are required to quantify periphyton contribution to the growth of fish and its effect on savings in terms of food ration.

**Keywords:** Aquaculture, Fish, Macrophyte, Plastic screen, *Semaprochilodus insignis* e *Colossoma macropomum*.

## LISTA DE FIGURAS

### INTRODUÇÃO GERAL

Piscicultura integrada na Amazônia: favorecimento à produção de perifiton e seus efeitos no crescimento do jaraqui de escama grossa em monocultivo e policultivo com tambaqui

25

**FIGURA 1:** Modelo conceitual preliminar de um sistema aquícola baseado em perifiton. São mostradas apenas taxas e variáveis de estado majoritárias. A área sombreada indica o “loop perifiton”.

### CAPITULO I

Efeito do uso de dois tipos de substratos, em diferentes densidades, sobre a fixação do perifiton e o crescimento de alevinos de jaraqui (*Semaprochilodus insignis*, Schomburgk, 1841)

**FIGURA 1:** Vista geral do complexo aquícola de Balbina com destaque, em branco, para a área onde foi desenvolvido o experimento.

50

**FIGURA 2:** Vista aérea da área onde foram desenvolvidos os experimentos.

52

**FIGURA 3:** Tanque experimental (A); Canal de abastecimento e filtro (B); Entrada de água (C); Sistema de drenagem (D).

52

**FIGURA 4:** Tanques com substrato natural constituído de uma armação circular de borracha contendo *Pistia stratiotes* (A); densidade de macrófita de 10% (B); 20% (C) e 30% (D).

53

**FIGURA 5:** Tanques com substrato artificial de tela plástica, preso a uma armação retangular de PVC (A); densidade de tela de 10% (B); 20% (C) e 30% (D).

54

**FIGURA 6:** Jaraqui de escama grossa (*Semaprochilodus insignis*).

54

**FIGURA 7:** Aclimação térmica de alevinos de jaraquis de escama grossa *Semaprochilodus insignis*.

55

**FIGURA 8:** Gêneros de fitoplâncton encontrados nos substratos natural (*Pistia stratiotes*) e artificial (tela plástica): a= *Actinastrum*; b= *Anabaena*; c= *Closterium*; d= *Desmodesmus*; e= *Dictyosphaerium*; f= *Gomphonema*; g= *Lepocincles*; h= *Mallomonas*; i= *Micrasterias*; j= *Oedogonium*; k= *Oscillatoria*; l= *Pandorina*; m= *Pediastrum*; n= *Pinnularia*; o= *Planktothrix*; p= *Scenedesmus*; q= *Selenastrum*; r= *Trachelomonas*.

73

### CAPITULO II

Cultivo em policultivo de jaraqui (*Semaprochilodus insignis*) (Schomburgk, 1841) e tambaqui (*Colossoma macropomum*) (Cuvier, 1816) baseado no perifiton: efeitos da adição de substrato natural e artificial e suplementação alimentar com ração comercial

**FIGURA 1:** Vista geral do complexo aquícola de Balbina com destaque, em branco, para a área onde foi desenvolvido o experimento.

95

**FIGURA 2:** Vista aérea do segundo experimento. C= Tratamento controle; M=Tratamento com substrato natural (macrófitas) e T=Tratamento com substrato artificial (tela plástica).

96

**FIGURA 3:** Parte radicular da *Pistia stratiotes* (A) tanque com 20% de substrato natural de *P. stratiotes* delimitada por uma armação circular de borracha (B)

substrato artificial de tela plástica, preso a uma armação retangular de PVC (C) e tanque com 20% de superfície de tela plástica (D).

97

**FIGURA 4:** Jaraqui de escama grossa *Semaprochilodus insignis* (A) e Tambaqui *Colossoma macropomus* (B).

98

**FIGURA 5:** Gêneros de fitoplâncton encontrados nos substratos natural (*Pistia stratiotes*) e artificial (tela plástica): a= *Actinastrum*; b= *Anabaena*; c= *Closterium*; d= *Dictyosphaerium*; e= *Oscillatoria*; f= *Pandorina*; g= *Pediastrum*; h= *Scenedesmus*; i= *Selenastrum*

114

## LISTA DE TABELAS

### CAPITULO I

Efeito do uso de dois tipos de substratos, em diferentes densidades, sobre a fixação do perifíton e o crescimento de alevinos de jaraqui (*Semaprochilodus insignis*, Schomburgk, 1841)

**TABELA 1:** Delineamento experimental. A numeração é usada para identificar os tanques alocados para cada tratamento. O grupo controle não recebeu substrato. 51

**TABELA 2:** Variáveis físicos, físico-químicos e químicos (média  $\pm$  desvio padrão) da água de cultivo de jaraqui *Semaprochilodus insignis* submetido a diferentes tipos e densidades de substrato para fixação de perifíton. 61

**TABELA 3:** Biomassa de perifíton (média  $\pm$  desvio padrão), em mg/cm<sup>2</sup>, no cultivo de jaraqui *Semaprochilodus insignis* submetido a diferentes tipos e densidades de substrato para fixação de perifíton. 66

**TABELA 4:** Composição centesimal do perifíton coletado nos substratos usados no cultivo de jaraqui *Semaprochilodus insignis*. 68

**TABELA 5:** Composição taxonômica do perifíton identificados nos substratos natural (macrófitas) e artificial (tela plástica) utilizados no cultivo de jaraqui, *Semaprochilodus insignis*. 71

**TABELA 6:** Comprimento padrão (cm) (média  $\pm$  desvio padrão e coeficiente de variação (%)) do jaraqui *Semaprochilodus insignis* ao longo de quatro meses de cultivo submetido a diferentes tipos e densidades de substrato para fixação de perifíton. 76

**TABELA 7:** Peso total (g) (média  $\pm$  desvio padrão e coeficiente de variação (%)) do jaraqui *Semaprochilodus insignis* ao longo dos quatro meses de cultivo submetido a diferentes tipos e densidades de substrato para fixação de perifíton. 76

**TABELA 8:** Desempenho zootécnico (média  $\pm$  desvio padrão e percentual do coeficiente de variação (%)) do cultivo de jaraqui *Semaprochilodus insignis* submetido a diferentes tipos e densidades de substrato para fixação de perifíton durante quatro meses. 78

### CAPITULO II

Cultivo em policultivo de jaraqui (*Semaprochilodus insignis*) (Schomburgk, 1841) e tambaqui (*Colossoma macropomum*) (Cuvier, 1816) baseado no perifíton: efeitos da adição de substrato natural e artificial e suplementação alimentar com ração comercial

**TABELA 1:** Delineamento experimental. A numeração é usada para identificar os tanques alocados para cada tratamento. O grupo controle não recebeu substrato. 96

**TABELA 2:** Variáveis físicos, químicos e físico-químicos da água usada no policultivo de jaraqui *Semaprochilodus insignis* e tambaqui *Colossoma macropomum* submetido a diferentes tipos de substrato para fixação de perifíton. 104

<b>TABELA 3:</b> Biomassa de perifíton (média ± desvio padrão), em mg/cm <sup>2</sup> , no policultivo de jaraqui <i>Semaprochilodus insignis</i> e tambaqui <i>Colossoma macropomum</i> submetidos a diferentes tipos de substrato para fixação de perifíton.	107
<b>TABELA 4:</b> Composição centesimal do perifíton coletado nos substratos usados no policultivo de jaraqui <i>Semaprochilodus insignis</i> e tambaqui <i>Colossoma macropomum</i> submetido a diferentes tipos de substrato para fixação de perifíton.	110
<b>TABELA 5:</b> Composição taxonômica do perifíton identificados nos substratos utilizados no policultivo de jaraqui <i>Semaprochilodus insignis</i> , e de tambaqui <i>Colossoma macropomum</i> .	113
<b>TABELA 6:</b> Comprimento padrão (cm) do jaraqui <i>Semaprochilodus insignis</i> e tambaqui <i>Colossoma macropomum</i> ao longo de três meses de cultivo submetido a diferentes tipos de substrato para fixação de perifíton.	115
<b>TABELA 7:</b> Peso total (g) do jaraqui <i>Semaprochilodus insignis</i> e tambaqui <i>Colossoma macropomum</i> ao longo de três meses de cultivo submetido a diferentes tipos de substrato para fixação de perifíton.	116
<b>TABELA 8:</b> Desempenho zootécnico do policultivo de jaraqui <i>Semaprochilodus insignis</i> e tambaqui <i>Colossoma macropomum</i> submetidos a diferentes tipos de substratos para fixação de perifíton durante três meses	118

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO GERAL</b>	<b>14</b>
1.1	A posição da aquicultura no cenário mundial	14
1.2	A aquicultura no Brasil	15
<b>1.2.1</b>	<b>Região Sul</b>	<b>15</b>
<b>1.2.2</b>	<b>Região Sudeste</b>	<b>16</b>
<b>1.2.3</b>	<b>Região Centro-Oeste</b>	<b>17</b>
<b>1.2.4</b>	<b>Região Nordeste</b>	<b>17</b>
<b>1.2.5</b>	<b>Região Norte</b>	<b>18</b>
1.3	A piscicultura no estado do Amazonas	19
1.4	Conceito e importância do perifiton	22
<b>1.5</b>	<b>O papel do perifiton em viveiros de aquicultura</b>	<b>22</b>
<b>1.5.1</b>	<b>Cadeia alimentar baseada em fitoplancton</b>	<b>23</b>
<b>1.5.2</b>	<b>Cadeia alimentar baseada em perifiton: o <i>loop</i> do perifiton</b>	<b>23</b>
<b>1.5.3</b>	<b>Cadeia alimentar baseada em detrito</b>	<b>25</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DA LITERATURA</b>	<b>28</b>
2.1	Aspectos gerais da aquicultura baseada em perifiton	28
2.2	Qualidade da água em viveiros de aquicultura baseada em perifiton	30
2.3	Interações entre organismos cultivados, meio ambiente e perifiton	30
2.4	O sistema de policultivo de viveiro baseado em perifiton	32
2.5	Espécies de peixes adequadas para o policultivo	33
2.6	Fornecimento de alimento e abrigo adicionais	33
2.7	Estudos de produção de peixe e avaliação de substrato	34
2.8	Densidade de estocagem e produção	36
<b>3</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>37</b>
3.1	Geral	37
3.2	Objetivos específicos	37
<b>4</b>	<b>HIPÓTESES</b>	<b>38</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>39</b>
	<b>CAPÍTULO I</b>	<b>46</b>
	<b>RESUMO</b>	<b>46</b>
	<b>ABSTRACT</b>	<b>47</b>
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>48</b>

<b>2</b>	<b>MATERIAL E MÉTODO</b>	<b>50</b>
	Área de estudo	50
	Delineamento experimental	50
	Unidades experimentais	51
	Preparação da unidade experimental (tanques)	52
	Escolha dos substratos	53
	Animais experimentais	54
	Monitoramento da qualidade da água das unidades experimentais	55
	<b>Variáveis físicas, químicas e físico-químicas</b>	<b>55</b>
	<b>Variáveis biológicas</b>	<b>56</b>
	Composição centesimal do perifiton	57
	Desempenho zootécnico	57
	<b>Biometria</b>	<b>57</b>
	<b>Sobrevivência</b>	<b>58</b>
	<b>Ganho de Biomassa</b>	<b>58</b>
	<b>Fator de Condição</b>	<b>59</b>
	<b>Taxa de Crescimento Específico</b>	<b>59</b>
	<b>Taxa de Incremento em Peso</b>	<b>59</b>
	Análises estatísticas	59
<b>3</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>61</b>
	Qualidade da água	61
	Variáveis biológicas	66
	<b>Composição centesimal do perifiton</b>	<b>68</b>
	<b>Composição taxonômica do perifiton</b>	<b>71</b>
	Desempenho zootécnico: Comprimento, peso, ganho de biomassa, táxons de crescimento específico, táxons de incremento em peso e fator de condição	75
	<b>Variação do crescimento em comprimento e peso do jaraqui (<i>Semaprochilodus insignis</i>)</b>	<b>75</b>
	<b>Sobrevivência, ganho de biomassa, taxa de crescimento específico, taxa de incremento em peso e fator de condição do jaraqui (<i>Semaprochilodus insignis</i>)</b>	<b>77</b>
<b>4</b>	<b>CONCLUSÕES</b>	<b>82</b>
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>83</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>84</b>
	<b>CAPÍTULO II</b>	<b>91</b>

	<b>RESUMO</b>	<b>91</b>
	<b>ABSTRACT</b>	<b>92</b>
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>93</b>
<b>2</b>	<b>MATERIAL E MÉTODO</b>	<b>95</b>
	Área de estudo	<b>95</b>
	Delineamento experimental	<b>95</b>
	Unidades experimentais	<b>96</b>
	Preparação da unidade experimental	<b>96</b>
	Escolha dos substratos	<b>97</b>
	Fonte artificial de alimento	<b>97</b>
	Animais experimentais	<b>97</b>
	Monitoramento da qualidade da água	<b>98</b>
	<b>Variáveis físicas, químicas e físico-químicas</b>	<b>98</b>
	<b>Variáveis biológicas</b>	<b>99</b>
	Composição centesimal do perifiton	<b>100</b>
	Desempenho zootécnico	<b>100</b>
	<b>Biometria</b>	<b>100</b>
	<b>Sobrevivência</b>	<b>100</b>
	<b>Ganho de biomassa</b>	<b>101</b>
	<b>Fator de condição</b>	<b>101</b>
	<b>Taxa de Crescimento Específico</b>	<b>102</b>
	<b>Taxa de Incremento em Peso</b>	<b>102</b>
	Análises estatísticas	<b>102</b>
<b>3</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>104</b>
	Qualidade da água	<b>104</b>
	Variáveis biológicas	<b>107</b>
	<b>Biomassa do perifiton (mg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>107</b>
	<b>Composição centesimal do perifiton</b>	<b>109</b>
	Composição taxonômica do perifiton	<b>112</b>
	Desempenho zootécnico do Jaraqui ( <i>Semaprochilodus insignis</i> ) e do tambaqui ( <i>Colossoma macropomum</i> ), em policultivo.	<b>115</b>
	<b>Variação do comprimento do Jaraqui (<i>Semaprochilodus insignis</i>) e do tambaqui (<i>Colossoma macropomum</i>).</b>	<b>115</b>

	<b>variação do peso do Jaraqui (<i>Semaprochilodus insignis</i>) e do tambaqui (<i>Colossoma macropomum</i>).</b>	<b>115</b>
	<b>Sobrevivência, ganho de biomassa, fator de condição, taxa de crescimento específico e taxa de incremento em peso.</b>	<b>117</b>
<b>4</b>	<b>CONCLUSÃO</b>	<b>122</b>
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>123</b>
<b>6</b>	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>124</b>

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

A produção mundial de pescado alcançou 158 milhões de toneladas em 2012 das quais, 136 milhões foram utilizadas para o consumo humano. Devido ao crescimento contínuo da produção de pescado e a melhoria dos canais de distribuição, o abastecimento mundial tem aumentado consideravelmente nas últimas cinco décadas, com uma taxa de 3,2% de crescimento médio anual, superando o crescimento da população mundial, que é de 1,6%/ano (FAO, 2014).

### A posição da aquicultura no cenário mundial

A produção mundial de pescado proveniente da aquicultura atingiu 90,4 milhões de toneladas em 2012, equivalente a 144.400 milhões de dólares. Desse total 66,6 milhões de toneladas foram destinadas ao consumo humano (FAO, 2014).

The Bangkok Declaration and Strategy (NACA/FAO, 2000) enfatiza que a prática da aquicultura deveria ser implantada como um componente integral de desenvolvimento, contribuindo para melhoria da qualidade de vida, principalmente, para os setores pobres da população, promovendo o desenvolvimento humano e melhorando o bem estar social.

O governo brasileiro, através do Ministério de Minas e Energia (Ex: as agências CODEVASF e o DNOCS) e a Bahia Pesca, em parceria com prefeituras locais, vêm desenvolvendo diversas ações de peixamento, principalmente na Região Nordeste. Estes programas consistem no repovoamento de juvenis de tilápias (*Oreochromis niloticus*), tambaqui (*Colossoma macropomus*) e curimatãs (*Prochilodus spp.*) em açudes públicos e visa uma melhoria da pesca de subsistência, incrementando a qualidade da alimentação das famílias locais, bem como uma economia de recursos na compra de alimentos em algumas localidades (KUBITZA e ONO, 2010).

Na última década, a África aumentou aproximadamente 1,2 a 2,2% na sua contribuição à produção global de peixe, principalmente como resultado do rápido desenvolvimento no cultivo de peixes de água doce na África sub-Saariana. A produção da aquicultura africana é dominada por peixes de escama, só com uma pequena fração de camarões e moluscos marinhos. A Oceania responde por uma parcela insignificante da produção global de aquicultura, consistindo, principalmente, de moluscos e peixes de escama marinhos. Este último vem aumentando devido, principalmente, ao desenvolvimento do

cultivo do salmão do atlântico na Austrália e do salmão *chinook* na Nova Zelândia (FAO, 2012).

Na Europa, apesar da estagnação na taxa de produção, a parcela da produção de peixes provenientes de águas salobras e marinhas subiu de 55,6% em 1990 para 81,5% em 2010, estimulada pelo cultivo marinho do salmão do atlântico em gaiolas e de outras espécies, na Noruega. Em 2010, os peixes de escama responderam por três quartos de toda a produção da aquicultura européia, e os moluscos por um quarto (FAO, 2012).

Na América do Norte, a aquicultura não apresentou um aumento significativo nos últimos anos, contudo, na América do Sul, principalmente Chile e Brasil melhoraram suas posições no *raking* mundial (Brasil na 12<sup>a</sup> posição) (FAO, 2014).

### A aquicultura no Brasil

O Brasil possui uma área de 8,5 milhões de km<sup>2</sup> e está localizado dentro de uma ampla faixa de latitude: 5°16'19" N e 33°45'09" S e longitude 34°45'54"O e 73°59'32" O. Estas características permitem que ele abrigue uma vasta variedade de biomas, dentre eles, a Floresta Amazônica, a Mata Atlântica, o Cerrado, Caatinga, Pantanal e Pampa, o que lhe garante uma ampla biodiversidade. Possui quase 15% das reservas naturais de água doce do mundo e uma linha costeira de 8.500 km. Tudo isso o torna um país com grande potencial para a aquicultura. (IBGE, 2014)

A produção da aquicultura brasileira atingiu uma produção de 476.521,060 t, tendo um aumento de 41% entre os anos de 2009-2013 (IBGE, 2013). Um grande número de espécies nativas está sendo cultivado no Brasil, com base na diversidade da fauna para cada região. No entanto, espécies não nativas tais como camarão branco (*Litopenaeus vannamei*) e tilápia (*Oreochromis niloticus*) continuam dominando a produção brasileira (MPA, 2011).

### Região Sul

A região sul do Brasil tem aproximadamente 27 milhões de pessoas. O clima na região é bastante distinto das outras regiões, sendo subtropical (IBGE, 2014). Apesar de possuir uma área de apenas 11% do território brasileiro, a região tem a aquicultura mais produtiva do Brasil. A produção atingiu 140.750 t. em 2013, contribuindo com 29,5% do total produzido no país. O cultivo de peixe domina o cenário da aquicultura no sul do Brasil, respondendo por 22,43% da aquicultura de água doce. A maricultura é também importante, sendo que

moluscos têm as principais espécies cultivadas, representando 17,7% do total da produção da maricultura brasileira. O Rio Grande do Sul produz principalmente carpa, enquanto que a principal espécie criada no Paraná e em Santa Catarina é a tilápia, embora a carpa também seja cultivada. Há, ainda, uma pequena produção de peixes nativos, o bagre prateado (*Rhamdia quelem*) sendo um dos mais importantes. Santa Catarina é o maior produtor de moluscos no país, com os mexilhões dominando (89,7%), seguidos pelas ostras (10,3%). O camarão branco do Pacífico é a principal espécie cultivada. Atualmente, a produção total de camarão está agora ao redor de 1.000 t. (WASIELESKY *et al.*, 2010).

Em 2013, a produção anual da aquicultura foi de 107.447 t., sendo que a parcela proveniente da água doce foi de 88.063 t, Paraná liderou com uma produção de 51.143 t., seguido por Santa Catarina com 21.240 t. e Rio Grande do Sul com 15.689 t. (IBGE, 2013).

### **Região Sudeste**

A região sudeste é habitada por quase 81 milhões de pessoas e é a região mais populosa e desenvolvida do país (IBGE, 2014). Geograficamente, é composta por planícies e montanhas cobertas originalmente por vários ecossistemas. A maior parte da vegetação original foi removida, mas há fragmentos de biomas que representam reservas importantes de biodiversidade. O clima é, principalmente, subtropical. Há uma extensa região costeira e água doce abundante, abrangendo rios, assim como muitos reservatórios grandes, construídos principalmente para produzir energia elétrica. Aqui, a aquicultura compete com o turismo ao longo da costa e com a monocultura de plantas e criação de gado nas áreas do interior. Em consequência, a aquicultura é uma atividade complementar em fazendas pequenas (BRESSAN, 2006).

Há um século, a aquicultura foi restabelecida na região sudeste. Porém, na década de 1990, um surto de progresso em pesca esportiva criou um bom mercado para peixe de água doce (PEZZATO e SCORVO, 2000). Desde então, tem sido observado um aumento no cultivo de tilápia, que é a principal espécie produzida atualmente na região. O monocultivo é a principal modalidade de produção de peixes com o uso de rações comerciais. Só cerca de 300 t. de camarão (*L. vannamei*) e 500 t. de moluscos, mexilhão (*Perna perna*), mariscos (*Nodipecten nodosus*) e ostras (*Crassostrea rhizophorae* e *C. gigas*) foram produzidas em 2007 (IBAMA, 2009). Estão em andamento algumas tentativas de produzir peixe marinho, principalmente Cobia (*Rachycentron canadum*) (ROMBENSO *et al.* 2010). A produção experimental da alga não nativa *Kappaphycus alvarezii* tem rendido resultados promissores.

Em 2013, a produção anual da aquicultura foi de 50.297 t. Sendo que a parcela proveniente da água doce foi de 50.058 t. O estado de São Paulo liderou com uma produção de 26.715 t., seguido por Minas Gerais com 15.742 t., Espírito Santo com 6.490 t. e Rio de Janeiro com 1.111 t. (IBGE, 2013). A produção é baseada tanto em espécies nativas como não nativas. As principais espécies nativas são pacu, tambaqui, matrinxã, pirarucu e surubim, enquanto as espécies não nativas são tilápia do Nilo, bagre africano, carpa comum, truta arco íris, camarão de água doce e rã-touro (*Rana catesbeiana*) (IBAMA, 2009). Peixes ornamentais de água doce também são cultivados.

### **Região Centro-Oeste**

Esta região abriga uma população de aproximadamente 14 milhões de habitantes representando a menor densidade demográfica regional do país (IBGE, 2014). Suas três bacias fluviais oferecem condições ideais para o desenvolvimento da aquicultura e a produção de peixes ósseos é a atividade mais importante da aquicultura na região. Em 2010, a produção de 69.840,1 t. correspondeu a 14,57% da produção nacional (MPA, 2011). Grandes companhias estão agora contribuindo para o crescimento do cultivo de peixe, principalmente no estado de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul. Suas operações incluem produção, processamento e comercialização de alevinos, incluindo produtos de valor agregado tais como filetes, varetas e burgers de peixe para os mercados, tanto local como internacional. Espera-se que o cultivo intensivo de peixes em tanques-rede aumente a produção de peixes após concessão pelo Governo Federal dos reservatórios de Serra da Mesa e Cana Brava, que juntos, abrangem uma área de aproximadamente 192.000 ha. (MPA, 2011).

Em 2013, a produção anual da aquicultura foi de 105.010 t. O estado do Mato Grosso liderou com uma produção de 75.630 t., seguido por Goiás com 22.913 t., Mato Grosso do Sul com 5.667 t. e o Distrito Federal com 800 t (IBGE, 2013). A produção é baseada tanto em espécies nativas como não nativas. As espécies nativas mais importantes são o Pacu (*Piaractus mesopotamicus*), tambaqui, tambacu (híbrido entre o tambaqui e o pacu caranha) e o pintado (*Pseudoplatystoma* sp.) (IBAMA, 2009).

### **Região Nordeste**

A região nordeste abriga uma população de 53 milhões de habitantes (IBGE, 2014). Tem grande potencial para a produção de espécies tropicais por causa do clima quente e das

extensas áreas com topografia, tipo de solo e recursos hídricos adequados para aquicultura (MPA, 2011). Esta região, principalmente os estados do Ceará, Piauí, Rio Grande do Norte e Maranhão contribuíram com 27,01% da produção nacional da aquicultura (MPA, 2011). A aquicultura na região é praticada em vários tipos de sistemas de cultivo onde o camarão e a tilápia são os mais cultivados (MPA, 2011).

O cultivo de camarão realizado na região é baseado primeiramente em *L. vannamei*, produzindo de 4.000 a 7.000 kg/ha/ano. O cultivo de camarão tem crescido rapidamente desde 1996 quando *L. vannamei* foi introduzido. Entre 1997 e 2003, a produção da aquicultura cresceu substancialmente para 90.190 t/ano, com produtividade aumentando de 1.025 kg/ha/ano em 1997 a 6.084 kg/ha/ano em 2003. Após 2003, porém, surtos de doença, principalmente do vírus *Mionecrosis infecioso* (IMNV), tiveram um forte impacto na indústria, com a produção declinando para 65.000 t em 2005 (ROCHA, 2007).

O cultivo de tilápia tem ganhado importância devido à alta produção obtida em gaiolas flutuantes instaladas em reservatórios. Outra espécie de peixe marinho é o cobia (*Rachycentron canadum*), localmente conhecida como beijupirá, tem um preço relativamente alto no mercado (SAMPAIO *et al.*, 2010). Em 2008, uma grande companhia foi instalada no estado de Pernambuco e está produzindo 400 t/ano, mas planeja implantar um total de 48 gaiolas dentro dos próximos anos o que poderia levar a produção a 5.000 t/ano. Embora em um estágio inicial de desenvolvimento, dado à ótima condição ambiental e infraestrutura disponível, o nordeste do Brasil tem um potencial significativo para produzir cobia e outras espécies de peixe marinho (SAMPAIO *et al.*, 2010).

Em 2013, a produção anual da aquicultura foi de 140.750 t., sendo que a parcela proveniente da água doce foi de 70.392 t. e, o estado do Ceará liderou com uma produção de 30.670 t., seguido por Maranhão com 16.926 t., Bahia com 10.854 t., Piauí com 5.474 t. enquanto, os estados de Alagoas, Paraíba, Pernambuco, Rio Grande do Norte e Sergipe tiveram uma participação de 12.468 t. (IBGE,2013). A produção é baseada principalmente em espécies exóticas, como tilápia e camarão (IBAMA, 2009).

### **Região Norte**

A região norte é habitada por apenas 16 milhões de pessoas (IBGE, 2014). O Peixe é uma fonte importante de proteína para a população da região, onde a pesca é a atividade econômica principal. O declínio do estoque natural de peixe na região tem estimulado a produção de diversas espécies através da aquicultura (Ono, 2005). Nesta região,

principalmente os estados do Amazonas, Roraima, Tocantins, Rondônia e Pará contribuem com 12,29% da produção nacional da aquicultura (MPA, 2011).

Em 2013, a produção anual da aquicultura foi de 73.017 t., sendo que a parcela proveniente da água doce foi de 72.968 t. e, o estado de Rondonia liderou com uma produção de 25.141 t., seguido por Roraima com 16.134 t., Amazonas com 15.064 t. Tocantins com 7.259 t., Pará com 5.055 t. e o Acre e Amapá contribuem com 4.316 t. (IBGE, 2013). As duas principais espécies cultivadas nesta região são tambaqui (*Colossoma macropomum*) e o surubim (*Pseudoplatystoma* sp.). Outras espécies de menor importância econômica, comumente cultivadas em policultivo são: Pirapitinga (*Piaractus brachyomus*), matrinxã (*Brycon amazonicus*), curimatã (*Prochilodus* sp.) e piau (*Leporinus* sp.). Entre as novas espécies candidatas à piscicultura desta região está o pirarucu (*Arapaima gigas*), que é uma das espécies mais promissoras por causa da taxa de rápido crescimento e alta qualidade da carne, porém a baixa produção de alevinos ainda é uma grande barreira, limitando o aumento da sua produção (ONO, 2007).

#### A piscicultura no estado do Amazonas

Nas décadas recentes, o crescimento demográfico na Amazônia tem aumentando a demanda por alimento (BATISTA *et al.*, 1998). A atividade pesqueira sempre desempenhou um papel importante no abastecimento de pescado para as populações desta região, provocando um rápido desenvolvimento na pesca extrativista, contribuindo para a redução dos estoques pesqueiros na maioria dos ambientes aquáticos (ISAC e RUFINNO, 2000; BATISTA e PETRERE JR, 2003). Além disto, a estagnação do volume de captura, a baixa qualidade do pescado ofertado, a forte influência da sazonalidade e imprevisíveis campanhas de capturas têm contribuído para a diminuição da atividade pesqueira. Assim, com o aumento da demanda de pescado no mercado regional vem provocando um aumento dos preços ao consumidor (ONO, 2005). Ao mesmo tempo, o maior registro no consumo de peixes no país está na Região Amazônica, representando aproximadamente 70% da proteína animal consumida pela população local, cujo consumo percapita é o maior do Brasil (155g/dia) (BATISTA *et al.*, 1998). O sinergismo entre o aumento da demanda e a diminuição nas capturas de peixe estimulou conflitos sócio-econômicos entre as classes de pescadores e as constantes preocupações com a sistematização da produção de peixes (VAL e HONCZARYK, 1995), ocasionando propostas que procuram desenvolver estratégias de

desenvolvimento para a região. Neste sentido, a aquicultura na Região Amazônica vem ganhando destaque e impulsionado o desenvolvimento da piscicultura (FREITAS, 2003).

De acordo com Rolim (1995), o marco inicial da piscicultura no Estado do Amazonas ocorreu na década de 80, quando as primeiras ações dentro do programa de desenvolvimento da aquicultura foram implementadas. Estas ações serviram de referência para a expansão e crescimento desta atividade em todos os estados da região Norte (ROUBACH *et al.*, 2003; ONO, 2005). A atividade piscícola na Região Amazônica apresenta potencial hídrico, clima favorável e grande diversidade de espécies para o cultivo, o que vem contribuindo com a expansão e o sucesso da atividade (ONO, 2005).

Atualmente, a piscicultura está representada por duas espécies principais: tambaqui (*Colossoma macropomum*) e matrinxã (*Brycon amazonicus*), entre outras espécies tais como: acará-açu, (*Astronotus* sp.); curimatã (*Prochilodus nigricans*); aracu (*Leporinus* sp.); surubim (*Pseudoplatystoma fasciatum*); cuiu-cuiu (*Oxydoras niger*); tucunaré (*Cichla monoculus*) e o jaraqui (*Semaprochilodus* sp.) (OLIVEIRA *et al.*, 2012).

Estima-se que existam atualmente 3.614 piscicultores desenvolvendo esta atividade produtiva com as espécies acima mencionadas (GANDRA, 2010). Desta forma, é importante desenvolver metodologias e técnicas de fácil manejo na criação de peixes, como alternativas para diversificar e aumentar a produção de proteína animal, melhorando a qualidade de vida das populações inseridas na Região Amazônica (FREEMAN, 1995; SANTOS, 1995). A região requer investimentos significativos para adaptar e desenvolver tecnologias específicas, haja vista que as características regionais são diferentes das demais áreas do país (VAL e HONCZARYK, 1995).

Considerando que o principal objetivo da aquicultura é obter a máxima produção possível com o menor custo, estudos que forneçam informações básicas para a melhoria tecnológica e/ou metodológica devem ser desenvolvidos, principalmente os que utilizam recursos regionais. Atualmente, o principal entrave na aquicultura do Amazonas é o alto custo da ração comercial, dessa forma, a busca por fontes alimentares alternativas (como o perifiton) e a introdução de espécies com baixa importância econômica (raspadoras como jaraqui, aracu, etc.), mas com boa aceitação no mercado regional.

A aquicultura baseada no perifiton é aquela em que há o favorecimento da produção de perifiton pela colocação de substratos (como cordas desfiadas ou macrófitas aquáticas) a fim de aumentar a produção de perifiton, que servirá como alimento para peixes (KESHAVANATH *et al.*, 2012). Este tipo de sistema de produção depende de vários fatores como a quantidade e qualidade do perifiton, hábito alimentar da espécie cultivada, densidade

de estocagem, sazonalidade, tipo de substrato, a disponibilidade de fontes alimentares não-perifítica, etc. (GANGADHAR e KESHAVANATH, 2012). Estudos têm demonstrado que a composição planctônica e nutricional do perifiton cultivado varia de acordo com o tipo de substrato disponibilizado (GANGADHAR e KESHAVANATH, 2012; KESHAVANATH *et al.*, 2012). Na Índia, estudos, que visam determinar a eficiência do tipo de substrato na produção de perifiton para uso aquícola, têm usado substratos biodegradáveis, como bagaço de cana, palha de arroz, folhas de palmeiras, de coco e bambu, além daqueles não degradáveis, como borracha de resto de pneus, telha de cerâmica e de barro, tubo de PVC e lâmina de vidro. O uso de substratos orgânicos facilmente degradáveis para crescimento de perifiton tem um forte efeito nos níveis de oxigênio dissolvido (OD) e este efeito é menos pronunciado com substratos resistentes (como o bambu) e ainda menos pronunciado quando substratos sintéticos são usados (como o plástico), indicando que o tipo e quantidade do substrato deveriam ser cuidadosamente selecionados de modo a não sobrecarregar o sistema (KESHAVANATH *et al.*, 2004).

Na Região Amazônica, devido a sua alta diversidade florística, vários são os substratos naturais que poderiam ser utilizados no cultivo de perifiton para aplicação na piscicultura. Contudo, não existem estudos que avaliem a eficiência e a viabilidade do uso desses diferentes substratos disponíveis na região, tanto os artificiais quanto os naturais.

No presente estudo foram utilizados dois tipos de substratos para a produção de perifiton, um substrato natural (*Pistia stratiotes*) e outro artificial (tela plástica). A *Pistia stratiotes* é uma macrófita aquática flutuante livre, da Família Araceae. É uma planta rosulada, estolonífera, perene, tem folhas esponjosas, apresenta tamanho muito variado em função do ambiente (POTT e POTT, 2000). É uma espécie amplamente distribuída nos ambientes aquáticos tropicais de todo mundo, de origem incerta, conhecida popularmente na região como mureru, alface d' água, erva de santa Luzia, camalotinho e orelha de onça, constituída de 11% de proteína e 89% de umidade. É uma das maiores formadoras de biomassa verde durante a enchente e cheia, de 70 a 90 t/ha/ano. Tem uso medicinal e grande capacidade despoluidora de água de esgoto (POTT e POTT, 2000), podendo retirar até 80% do fosforo do efluente de aquicultura (SILVA e CAMARGO, 2006). Comparada à maioria de outras espécies de macrófitas aquáticas da região amazônica, esta apresenta um sistema radicular muito amplo e desenvolvido com uma elevada superfície de absorção e capacidade micelial para fixar substâncias orgânicas, inorgânicas e perifiton. Na piscicultura, pode oferecer sombra e ambiente de desova para peixes com ovos aderentes.

O substrato artificial utilizado foi a tela plástica, material de preço relativamente baixo e com capacidade de suportar exposição à luz UV (TIDWELL *et al.*, 2000).

### Conceito e importância do perifiton

O perifiton é formado por uma complexa comunidade de microorganismos, autotróficos e heterotróficos, e por detritos orgânicos e inorgânicos aderidos a substratos submersos, vivos ou mortos. Esta comunidade abriga uma enorme variedade de organismos, tais como: algas, bactérias, fungos, protozoários, zooplâncton e outros invertebrados. Como comunidade, estes organismos são altamente eficientes em capturar e processar nutrientes (AZIM *et al.*, 2005).

A aquicultura baseada em perifiton vem despertando interesse no mundo inteiro por várias razões: (a) contribui para a fixação de carbono e ciclagem de nutrientes nos ecossistemas aquáticos; (b) é um indicador excelente para as mudanças que estejam a ocorrer no ambiente aquático; (c) é usado para melhorar a qualidade da água em lagos e reservatórios; (d) aumenta a disponibilidade de alimento nos sistemas de produção de peixe; (e) pode prover alimentos particulares para o cultivo de larvas de peixe e de mariscos e (f) pode ser usado para tratamento de águas residuais.

### O papel do perifiton em viveiros de aquicultura

Em termos de fixação de energia e sustentação da cadeia alimentar, a comunidade de fitoplâncton é considerada o componente mais importante na cadeia alimentar aquática, particularmente nos viveiros de aquicultura. Portanto, na aquicultura tradicional, as estratégias adotadas para reduzir as contribuições alóctones de alimento e aumentar a eficiência de produção da aquicultura têm foco, principalmente, em aperfeiçoar a exploração da cadeia alimentar baseada na produção de fitoplâncton. A cadeia alimentar baseada no perifiton oferece possibilidades para aperfeiçoar ainda mais a utilização das contribuições em viveiros em sistemas extensivo e semi-intensivo. Os peixes e crustáceos podem também explorar a cadeia alimentar baseada em detritos (AZIM *et al.*, 2005).

### **Cadeia alimentar baseada em fitoplâncton**

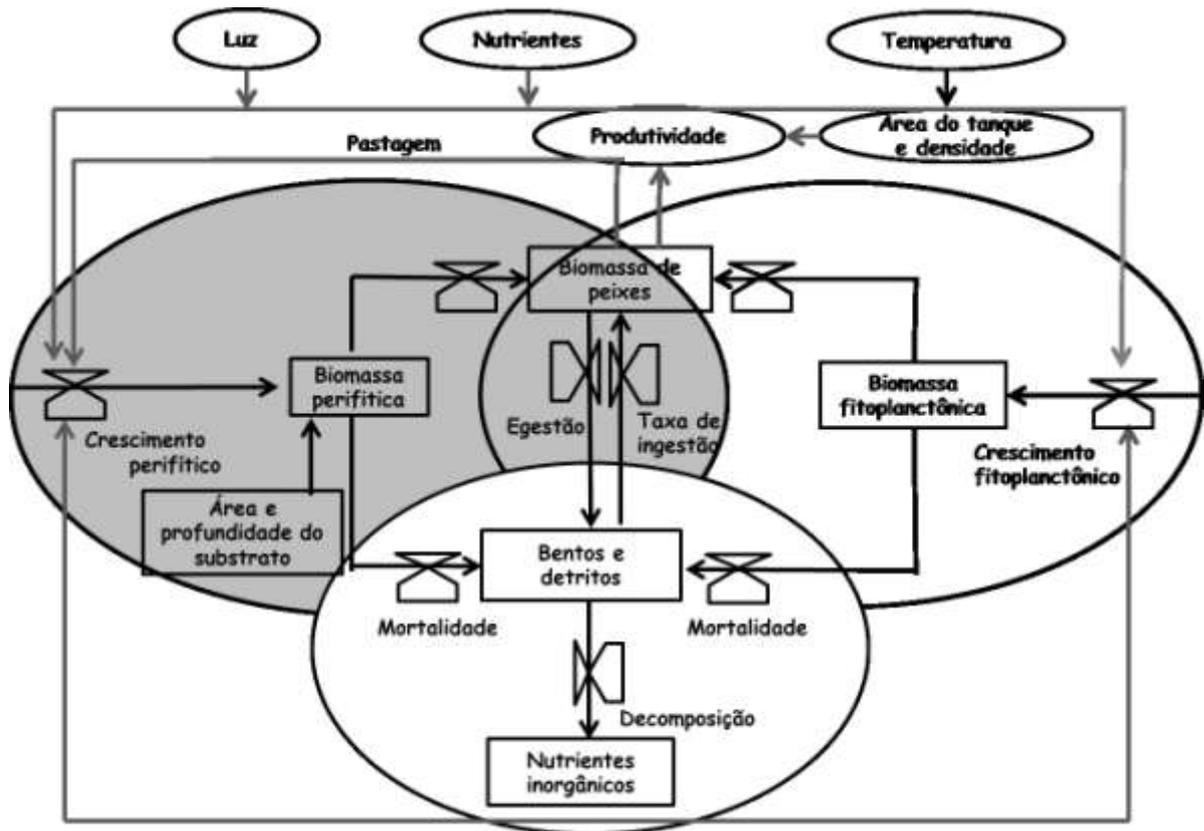
Além de ser uma fonte de alimento, o fitoplâncton exerce outras funções importantes na aquicultura. É um produtor de oxigênio dissolvido, que é indispensável para o crescimento e produção de peixe (SMITH e PIEDRAHITA, 1988; TEICHERT-CODDINGTON E GREEN, 1993). Mantém a qualidade da água ao absorver o excesso de produtos nitrogenados, que é excretado por peixes e é potencialmente tóxico (HARGREAVES, 1998; JIMENEZ-MONTEALEGRE, 2001). Não obstante, há desvantagens na produção baseada em fitoplâncton, que pode, muitas vezes, formar florescências densas nos viveiros, resultando em grandes variações diurnas nas concentrações de oxigênio dissolvido, de supersaturação durante o dia (devido à fotossíntese) à depleção de oxigênio no início da manhã (devido à respiração noturna). Isto pode levar à grande mortalidade de peixes (MADENJIAN *et al.*, 1987; DELINCÉ, 1992). A decomposição do fitoplâncton depositado no fundo do viveiro pode resultar em produtos tóxicos (amônia, nitrito, metano, sulfeto de hidrogênio) e aumentar a demanda de oxigênio no sedimento.

### **Cadeia alimentar baseada em perifiton: o *loop* do perifiton**

Até hoje, a maior parte das pesquisas sobre perifiton tem avaliado os fatores determinantes da biomassa, produtividade, composição taxonômica e métodos de amostragem do grupo em lagos, rios, terras alagadas e recifes de coral. Há pouca informação sobre as cadeias alimentares baseadas em perifiton, especialmente na aquicultura. A maioria das espécies herbívoras (carpa e tilápia) não satisfaz sua demanda completa de energia alimentando-se somente por meio de filtragem de algas planctônicas (DEMPSTER *et al.* 1995). Além do fitoplâncton, os peixes herbívoros geralmente requerem fontes de alimento de maior tamanho, assim como algas bênticas (perifiton), detrito baseado em algas ou plantas superiores aquáticas que possam ser colhidas com mais eficiência (DEMPSTER *et al.*, 1993; YAKUPITIYAGE, 1993). Tapetes de algas bênticas raramente crescem no fundo de viveiros altamente eutrofizados, devido à limitação de luz. Para crescer, elas precisam de algum substrato rígido dentro da zona eufótica do viveiro, o que é raro em viveiros de peixes tradicionais. Qualquer material que providencie uma área de superfície pode ser usado em viveiros de aquicultura para apoiar a produção de perifiton. O abrigo adicional fornecido como substrato permite que mais recursos fluam para dentro da biomassa de peixe (Figura 1).

A produção primária e a secundária adicional das comunidades bentônicas, estimuladas pela adição de substrato, sustentam uma nova cadeia alimentar, parte da qual termina como biomassa de peixe (MILLER e FALACE, 2000). Obter alimento (raspando e/ou pastando) na camada bidimensional do perifiton é mecanicamente mais eficiente do que filtrar algas de um ambiente planctônico tridimensional (DEMPSTER *et al.*, 1993; HORNE e GOLDMAN, 1994). A maioria das espécies de peixe verdadeiramente herbívora alimenta-se de algas bêmicas, epilíticas ou perifíticas de maior tamanho, em vez de fitoplâncton (HORN, 1989). A produção da aquicultura em viveiros utilizando substratos é mais elevada do que em viveiros sem substratos (AZIM, 2001; VAN DAM *et al.*, 2002).

Se as algas na aquicultura pudessem ser cultivadas em substratos, uma maior quantidade de espécies de peixe poderia colhê-las, resultando em uma utilização mais eficiente de produção primária. As comunidades de algas fixadas são geralmente mais estáveis do que o fitoplâncton e o risco de colapso é menor (WESTLAKE *et al.*, 1980). Estudos sugerem que a produção de algas afixadas por unidade de área de superfície de água seja maior do que a de fitoplâncton (WETZEL, 1964). Porém, a biomassa e produtividade do perifiton poderiam ser influenciadas tanto por processos ecológicos (temperatura, luz de sol, etc.) como operacionais (densidade de estocagem de peixe ou pressão de pastagem, fertilização, densidade e tipo de substrato). A raspagem do perifiton por peixes ou invertebrados raspadores pode reduzir a biomassa, mas ao mesmo tempo aumentar a produtividade do perifiton (HATCHER, 1983; HAY, 1991). Porque a raspagem remove as algas velhas ou mortas e melhora a disponibilidade de luz e de nutrientes para o tapete. Logo as comunidades de algas são mantidas em um estágio sucessional mais saudável, produtivo e prematuro (HUCHETTE *et al.*, 2000) e, provavelmente, mais palatável e nutritivo aos peixes.



**Figura 1** - Modelo conceitual preliminar de um sistema aquícola baseado em perifíton. São mostradas apenas taxas e variáveis de estado majoritárias. A área sombreada indica o “loop perifíton”.

Fonte: Azim *et al.*, 2005.

Quando os substratos são instalados nos viveiros, o fluxo de nutrientes através do *loop* do perifíton assim como o *loop* do fitoplâncton é incrementado (Figura 1). Em consequência, a eficiência de nutriente do sistema aumenta como um todo. A produção de perifíton duplica efetivamente a produção autotrófica de carbono (em média, 1,2 g C/m<sup>2</sup>/dia proveniente do perifíton e 1,3 g C/m<sup>2</sup>/dia do fitoplâncton). No entanto, às vezes, ocorre uma troca entre fitoplâncton e o perifíton, especialmente em viveiros altamente fertilizados, mas isto pode ser minimizado pela estocagem de espécies de peixe com nichos de alimentação complementares (AZIM *et al.*, 2001a).

### Cadeia alimentar baseada em detrito

O detrito refere-se à matéria orgânica não viva, que inclui não só matéria particulada, mas, também, dissolvida. Ele é uma fonte alimentar importante na aquicultura (BOWEN, 1987; SCHROEDER, 1987). Processos anaeróbicos são significativos na decomposição do detrito nos sedimentos do viveiro, onde o oxigênio pode ficar completamente esgotado dentro

de um mm do topo da lâmina de água, devido ao crescimento bacteriano muito rápido e pouca difusão de oxigênio (MORIARTY, 1997).

A contribuição estimada do fitoplâncton à acumulação da matéria orgânica no sedimento no fundo do viveiro varia de 20 a 50% do estoque permanente de fitoplâncton por dia. Assim, uma grande parte da produção de fitoplâncton é decomposta no fundo do viveiro e contribui para o acúmulo dos nutrientes dentro do sedimento. Em contraste, depois que morre, a célula perifítica permanece no lugar, fornecendo uma fonte rica de nutrientes orgânicos para os organismos heterotróficos associados com a camada de perifiton. O processamento desta matéria orgânica rende nutrientes inorgânicos que podem ser utilizados de novo por algas vivas (WETZEL, 1983). Por outro lado, se a pressão da pastagem for insuficiente em relação à produção de perifiton, os tapetes de perifiton podem ser deslocados do substrato, contribuindo desse modo para a turbidez na coluna de água (MILSTEIN *et al.*, 2003).

Apesar da diversidade de espécies ictíicas, poucas são comercialmente exploradas no Estado do Amazonas (PEREIRA FILHO *et al.*, 1993). Segundo Honda *et. al.* (1975) somente

36 espécies apresentam interesse econômico e destas apenas 13 apresentam produção significativa. Petrere (1978) reportou que das 31 espécies comercializadas no Amazonas apenas oito apresentam maior aceitação, entre elas o tambaqui (*Colossoma macropomum*), a curimatã (*Prochilodus* sp.), duas espécies de jaraqui (*Semaprochilodus* spp.) e o matrinxã (*Brycon amazonicus*). Os jaraquis representam uma importante função social no que diz respeito à alimentação da população do estado, em especial para o povo da cidade de Manaus.

A maioria das pesquisas em piscicultura está voltada para as espécies mais nobres, aspecto este que tem determinado a realização de poucos estudos relacionados a outras espécies, ainda que de grande potencial socioambiental e alimentar. Assim, o presente estudo teve o propósito de estudar os efeitos de substratos na criação semi-intensiva do jaraqui de escama grossa (*Semaprochilodus insignis*) em monocultivo e em policultivo com tambaqui (*Colossoma macropomum*) em tanques de alvenaria, como alternativa de aumento da produção de alimento natural aos peixes. Para tal, foram realizados dois experimentos usando dois tipos de substratos (macrófita e tela plástica) para avaliar a influência do perifiton e da ração sobre o crescimento do jaraqui sob condições de monocultivo e policultivo com tambaqui. A produção do tambaqui é predominantemente baseada no uso de rações artificiais e completas. Entretanto, de toda ração que entra no sistema, em termos de matéria orgânica, nitrogênio e fosforo, somente 15-20% é “fixada” na carne do tambaqui. Todo o restante é eliminado na água e sedimentos do sistema via fezes, resto de alimento e excreção

nitrogenada. A aquicultura pelo uso de perifiton pode ser uma forma de reduzir este impacto e aumentar a eficiência do sistema com geração de alimento e renda (CYRINO *et al.*, 2010).

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### Aspectos gerais da aquicultura baseada em perifíton

A ideia da aquicultura baseada em perifíton derivou originalmente dos métodos tradicionais de pesca, tais como *acadjas* na Costa do Marfim, Oeste da África (WELCOME, 1972), *Kathas* de Bangladesh (WAHAB e KIBRIA, 1994; AHMED e HAMBREY, 1999) e *samarahs* no Camboja (SHANKAR *et al.*, 1998). Massas densas de ramos de árvore ou bambu são colocadas em lagos, lagoas ou rios, e os peixes são atraídos pelo fornecimento de abrigo e pela disponibilidade de alimento, incluindo o perifíton. Este modelo foi adaptado para a aquicultura por grupos de pesquisadores na África e Ásia, que passaram a utilizar o perifíton como uma fonte alternativa de alimento natural no cultivo de peixes.

Hem e Avit (1994) comparam três cercados de 625 m<sup>2</sup> na Costa do Marfim: (a) um sem substrato, (b) um com uma *acadja* de 100 m<sup>2</sup> da macrófita flutuante *Echinochloa pyramidalis* e (c) um com uma *acadja* tradicional de 100 m<sup>2</sup> feita de ramos de árvore. Os peixes migraram ainda pequenos, para dentro destes sistemas naturalmente atravessando a abertura da malha da rede (malha de 14 mm), utilizada para contornar o cercado. Após 12 meses, uma biomassa total de 11,7, 18,2 e 80,5 kg foram colhidos dos três cercados, respetivamente. Experimentos subsequentes com *acadja* de tamanho diferente (200 a 2500 m<sup>2</sup>) renderam em média 1,8 t/ha/ano. Por causa da alta demanda por madeira, os experimentos adicionais foram desenvolvidos com varas de bambu (10 varas/m<sup>2</sup>, de aproximadamente 6 cm de diâmetro), atingindo rendimentos médios de 8,3 t/ha/ano. Também foi experimentado o cultivo intensivo de duas espécies de tilápias de água salobra, *Tilapia guineensis* e *Sarotherodon melanotheron*, alimentadas com dieta peletizada (30% de proteína), mas notou-se que as duas espécies não eram adequadas para cultivo intensivo, embora tenham apresentado resultados promissores em sistemas extensivos de *acadja* (LEGENDRE *et al.*, 1989).

Embora a aquicultura baseada em perifíton tenha se iniciado na África, não há relatos sobre experimentos conduzidos em tanques no continente. Alguns experimentos em tanques foram realizados na Ásia nos anos de 1990. Shrestha e Knud-Hansen (1994) conduziram dois experimentos na Tailândia, onde folhas plásticas e varas de bambu (7,7 m<sup>2</sup> de área extra de superfície por tanque) foram usadas verticalmente como substratos em tanque de concreto (2,5 x 2,0 x 1,1 m<sup>3</sup>). Foi utilizada a tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus*, estocadas a uma densidade de três peixes por m<sup>2</sup> e cultivados por um período de 56 dias. Embora houvesse

evidência de que os peixes utilizaram perifiton proveniente dos substratos, não houve nenhuma diferença na produção líquida de peixe entre os tanques com e sem folhas plásticas como substrato. Em outro experimento, os substratos de bambu resultaram numa maior produção líquida de peixes (3,43 g/m<sup>2</sup>/dia) do que os de folhas de plástico (2,51 g/m<sup>2</sup>/dia), mas a contribuição do substrato de bambu não foi quantificada devido à falta de um tratamento sem ele. O trabalho pioneiro na Ásia foi realizado no *Northwest Fisheries Extension Project* (NFEP), complexo aquícola Parbatipur em Bangladesh, conduzido por Faruk-ul-Islam (1996), que investigou o efeito de introduzir 40 painéis verticais de bambu rachado ao meio (localmente chamado *chatai*, cada lado de 0,56 m<sup>2</sup>) em viveiros experimentais de 80 m<sup>2</sup> povoados com tilápia. A produção em um período de cultivo de quatro meses em viveiros com e sem bambu *chatai* foi de 640 e 600 kg/ha, respectivamente. O bambu *chatai* ficou severamente infestado com caracóis, que competiam com os peixes pelo alimento. Em conclusão, estes dois experimentos iniciais na Ásia não foram estimulantes devido ao pequeno incremento na produção.

O segundo experimento de produção de peixe no complexo NFEP foi mais bem sucedido (NFEP, 1997). O experimento foi realizado em oito tanques de 103 a 140 m<sup>2</sup>, com terra fertilizada, por um período de 168 dias. Quatro tanques receberam varas de bambu inseridas verticalmente no fundo do tanque (17 varas/m<sup>2</sup>, diâmetro não mencionado) e quatro sem substrato funcionaram como controles. Juvenis de rohu, *Labeo rohita* (peso individual 11,5 g), foram estocados em uma densidade de um peixe/m<sup>2</sup>. A produção líquida em tanques com substrato e o grupo controle foi de 570 e 180 kg/ha, respectivamente. Porém, a produção total foi baixa por que o experimento começou em agosto e continuou até janeiro, durante a estação do inverno. É possível que, a baixa temperatura (16°C) e curto fotoperíodo limitaram a produção.

Shankar *et al.* (1998) relataram que o crescimento de *Oreochromis mossambicus* e *Cyprinus carpio* aumentou 48 e 50%, respectivamente, em tanques de cimento de 1 m<sup>2</sup> já fertilizado e adição de bagaço de cana-de-açúcar como substrato, quando comparados a viveiros sem substrato, durante um período de 91 dias de cultivo. Com base neste resultado uma investigação adicional foi realizada em três cisternas de cimento de 25 m<sup>2</sup> (RAMESH *et al.*, 1999). O bagaço de cana foi amarrado a hastes apoiadas horizontalmente em cisternas fertilizadas com esterco de gado e ureia, o que manteve o substrato suspenso na água. Outras cisternas foram fertilizadas, mas mantidas sem substrato, sendo usadas como controle. Em uma densidade de estocagem de 10.000 peixes/ha, o crescimento de *C. carpio* e *L. rohita* apresentou incremento de 47 e 48% respectivamente, comparado ao controle. A produção

combinada de peixe foi 1.235 kg/ha em viveiros com substrato durante um período de cultivo de 133 dias.

#### Qualidade da água em viveiros de aquicultura baseada em perifíton

A comunidade de perifíton que se desenvolve em superfícies rígidas interagem com outras comunidades nos viveiros. Estas interações e a qualidade de água resultante delas influencia a biomassa de peixes, característica inerente aos viveiros de piscicultura. O próprio substrato do perifíton pode exercer impacto na ecologia do viveiro, influenciando principalmente os níveis de oxigênio dissolvido na água (OD).

Diversos estudos relataram redução nos níveis de OD em viveiros com substrato se comparado com os tanques controle (RAMESH *et al.*, 1999; UMESH *et al.*, 1999; KESHAVANATH *et al.* 2001a,b; 2002, 2004; DHARMARAJ *et al.*, 2002; JOICE *et al.*, 2002; MRIDULA *et al.*, 2003). Substratos instalados verticalmente podem ter um efeito de sombreamento sobre a água e podem reduzir a superfície de aeração pelo vento. Além disso, os próprios substratos degradáveis aumentam a demanda biológica de oxigênio e contribuem parcialmente para reduzir o nível de oxigênio. Enquanto que alguns estudos registraram a redução da concentração de nitrato de amônia na água (RAMESH *et al.*, 1999; UMESH *et al.*, 1999; DHARMARAJ *et al.*, 2002; JOICE *et al.*, 2002), um outro estudo mostrou uma redução tanto nos níveis de amônia quanto no de nitrito (MRIDULA *et al.*, 2003). Estas alterações foram atribuídas, em parte, ao biofilme bacteriano (que possui bactérias nitrificadoras como *Nitrosomonas*, *Nitrobacter*, etc.) no substrato, que deve agir como um biofiltro. Por outro lado, em outros experimentos (KESHAVANATH *et al.*, 2001a,b; 2002, 2004), a densidade do substrato não teve nenhum efeito significativo sobre os níveis de amônia, nitrato, fosfato, alcalinidade total e pH.

#### Interações entre organismos cultivados, meio ambiente e perifíton

Em geral, a introdução de substrato e o subsequente desenvolvimento do perifíton melhora a produção das espécies cultivadas e afeta a qualidade da água. Por exemplo, Bratvold e Browdy (2001) estudaram os efeitos do uso de muitas cortinas flexíveis, colocadas por toda a coluna de água, sobre o desempenho do camarão *Litopenaeus vannamei*, a qualidade de água e indicadores gerais da atividade microbiana. Comparando tanques com e sem a adição de superfície vertical, eles observaram que o substrato permitiu o

desenvolvimento de algas e populações microbianas que afetaram a qualidade da água no tanque como um todo, além de prover alimento para o camarão, o que levou a uma taxa de crescimento, produção e sobrevivência significativamente mais elevada e menor conversão alimentar de ração do que nos tanques sem substratos. O pH mais alto no sistema com superfícies verticais sugeriu maior absorção de dióxido de carbono, daí maiores taxas de fotossíntese e fixação de dióxido de carbono. A combinação de pH mais alto com amônia e ortofosfato mais baixos sugeriram adicionalmente maior atividade da comunidade de algas como um todo. Adicionalmente, taxas de nitrificação na coluna de água mais elevadas sugeriram que taxas de ciclagem de nutriente podem ser maiores na presença de organismos fixados às superfícies verticais.

Milstein *et al.* (2003) avaliaram as interações entre peixe, meio ambiente e perifiton em viveiros de policultivo, usando uma análise de fatores aplicada a uma matriz de dados de parâmetros de qualidade de água de viveiros com e sem substratos artificiais (varas de bambu e os brotos laterais), com e sem os filtradores de plâncton catla (*Catla catla*) e rohu (*Labeo rohita*), com e sem o peixe de fundo, kalbaush (*Labeo calbasu*), com a dose de fertilizante padrão ou aumentada em 50% permitiram a identificação dos processos ecológicos subjacentes regendo o sistema de viveiro baseado em perifiton. Neste mesmo estudo, três fatores principais ou fontes de variabilidade na qualidade da água entre viveiros foram identificadas. A principal diferença entre os viveiros foi registrada para a ciclagem do fósforo. A decomposição da matéria orgânica, o consumo de nitrato e a produção de CO<sub>2</sub>, promove a redução do pH, liberando fosfato para dentro da coluna de água. Este fosfato é utilizado pelos organismos autotróficos para a síntese de biomassa, que aumenta a turbidez da água e a sedimentação de partículas para decomposição. A segunda fonte de variabilidade na qualidade da água foi identificada na ciclagem do nitrogênio. A decomposição de matéria orgânica libera amônia para a fotossíntese e nitrificação. A fotossíntese aumenta os níveis de oxigênio e o pH na coluna de água, favorecendo o acúmulo de nitrato, bem como, importantes quantidades de partículas orgânicas. Estas partículas aumentam a turbidez da água e, através da sedimentação e elas tornam-se disponíveis para a decomposição. A terceira fonte de variabilidade na qualidade da água é a disponibilidade da amônia como um fator limitante para a nitrificação, que está relacionada à competição entre organismos autotróficos e bactérias nitrificadoras. Na coluna de água, a amônia está presente geralmente em concentrações limitadas pelo substrato para a realização da nitrificação, devido ao fato de que este é rapidamente absorvido pelo intensivo crescimento e a dimensão das populações de fitoplâncton (HARGREAVES, 1998). Contudo, em resposta a elevadas concentrações de

amônia, a nitrificação pode aumentar, transformando-a em nitrato e liberando, neste processo, cátions de hidrogênio ( $H^+$ ) que reduz a alcalinidade (BOYD, 1994).

A adição de peixes aos viveiros levou a diferenças de qualidade de água adicionais. O peixe filtrador catla que se alimenta de uma combinação de fitoplâncton e zooplâncton (AHMED, 1993), não foi observado alimentando-se de perifíton quando oferecido (AZIM *et al.*, 2002). O rohu é um peixe que se alimenta na coluna de água, consumindo fitoplâncton e matéria orgânica suspensa em decomposição nos viveiros de peixe tradicionais (DAS e MOITRA, 1995; DEWAN *et al.*, 1991) e também se alimenta de perifíton em viveiros com substratos (NFEP, 1997; RAMESH *et al.*, 1999; AZIM *et al.*, 2001a, 2002). Peixes raspadores e filtradores mantêm populações de fitoplâncton continuamente produtivas (MILSTEIN, 1992).

#### O sistema de policultivo de viveiro baseado em perifíton

O policultivo é um sistema em que duas ou mais espécies com hábitos alimentares complementares, ou de diferentes classes de tamanho da mesma espécie, são estocadas no mesmo viveiro, a fim de maximizar os recursos de água e alimento disponíveis de modo a aumentar a produtividade. O princípio básico é ocupar todos os nichos ecológicos de um corpo de água, estocando-se espécies de peixes de hábitos alimentares diferentes, de modo que alimentos naturais de estratos e zonas diferentes sejam utilizados apropriadamente pelos indivíduos. Em policultivo, sinergias surgem de dois processos inter-relacionados, o aumento na disponibilidade de recursos alimentares e melhoramentos nas condições ambientais (MILSTEIN, 1992).

Mais atenção deveria ser dada ao policultivo e à integração da aquicultura com a agricultura, especialmente de espécies de peixe que se alimentam no início da cadeia alimentar (herbívoros e detritívoros). O policultivo é uma abordagem de cultivo de peixe ecologicamente correta, baseada principalmente na utilização natural de água e nutrientes com pouca dependência de ração suplementar. Normalmente, os viveiros são fertilizados para melhorar a produção natural dos microorganismos (perifíton, fitoplâncton, bactérias) que servirão de alimento aos peixes no policultivo.

Esforços têm sido feitos para desenvolver a tecnologia de policultivo baseada em perifíton em países da Ásia, especialmente em Bangladesh e Índia. Até agora, policultivo de duas ou três espécies de peixes de escama e peixe-camarão têm sido estudadas em viveiros

com substratos naturais diferentes e sua produção tem sido comparada com o policultivo tradicional sem substratos (VAN DAM *et al.*, 2002).

#### Espécies de peixes adequadas para o policultivo

A princípio, as espécies de peixes que ocupam as primeiras posições na cadeia alimentar aquática são adequadas para inclusão em sistemas de policultivo. Dentre as principais espécies utilizadas nesses sistemas temos a carpa indiana, carpa chinesa, tilápia, milkfish, gourami, barbs, mugilidae, o camarão gigante de água doce e camarões marinhos.

Na região amazônica, apesar de poucos estudos com enfoque no policultivo, existem espécies com potencial, como pirapitinga (*Piaractus brachipomus*), matrinxã (*Brycon amazonicus*), curimatã (*Prochilodus* sp.) e piaui (*Leporinus* sp.), cuiú-cuiu (*Oxydoras niger*), tamoatã (*Hoplosternum littorale*), bodó (*Liposarcus pardalis*), jaraqui (*Semaprochilodus* sp.), curimatã (*Prochilodus nigricans*), sardinha (*Triportheus* sp.).

#### Fornecimento de alimento e abrigo adicionais

Em viveiros com substrato, o perifíton serve como uma fonte de alimento adicional, sem reduzir a produção de outro alimento natural dentro do sistema. Estima-se que a produtividade primária pode ser duplicada pela colocação de substratos com uma área de superfície equivalente a 100% da área de superfície do viveiro (AZIM *et al.*, 2002). Além de servir como uma fonte adicional de alimento, esses substratos também proporcionam abrigo e proteção contra predadores, tais como aves, rãs e cobras. Outro benefício dos sistemas baseados em substrato é a redução da vulnerabilidade dos viveiros aos furtos, que é um sério problema para muitos produtores de peixe.

De um ponto de vista teórico, a maior vantagem dos substratos adicionados é um aumento na eficiência de transferência de nutriente e energia do sistema, devido à produção adicional baseada em perifíton (MILLER e FALACE, 2000). Em viveiros tradicionais de piscicultura, o fundo é o único substrato no qual as algas bênticas podem crescer. Mas os tapetes de algas bênticas raramente se desenvolvem em viveiros altamente eutróficos devido ao sombreamento das florescências do plâncton. Em sistemas baseados em perifíton, as algas juntamente com o zooplâncton e os invertebrados, podem colonizar imediatamente o substrato dentro da coluna d'água. Os peixes são capazes de raspar mais eficientemente do que quando filtravam somente alimentos planctônicos (DEMPSTER *et al.*, 1993). Teoricamente, raspar

em uma camada bidimensional de perifíton é mecanicamente mais eficiente do que filtrar algas de um ambiente planctônico tridimensional (DEMPSTER *et al.*, 1993; HORNE e GOLDMAN, 1994). Tem também sido informado que, dentro de certos limites, a produção de peixe cresce linearmente ( $r^2 = 0,93$ ) com a área cada vez maior de substrato (AZIM *et al.*, 2004)

#### Estudos de produção de peixe e avaliação de substrato

A tecnologia baseada no perifíton está mais consolidada na Ásia, especialmente em Bangladesh e na Índia, aonde vários estudos vêm sendo realizados. Keshavanath *et al.* (2004), em estudo com tilápia híbrida, observou incremento da produtividade a medida que se eleva a densidade do substrato, em cultivo com e sem ração. Constatando que espécies onívoras podem se beneficiar do perifíton. A produtividade sem ração ficou entre 340,12 e 733,68 kg/ha/ano, equivalente a 28,34 e 61,14 kg/ha/mês. A produtividade com ração ficou entre 490,28 e 823,28 kg/ha/ano, equivalente a 40,86 e 68,61 kg/ha/mês.

Uddin *et al* (2007) avaliou o efeito do substrato sobre a produtividade da tilápia e do camarão de água doce (*Macrobrachium rosembergui*). A adição de substrato aumentou significativamente o crescimento e a produção de ambas as espécies. O substrato contribuiu com 46% da produção da tilápia e a produção do camarão aumentou 127%. A produção total mais elevada (2.445 kg/ha de tilapia e 141 kg/ha de camarão) em 145 dias de cultivo foi registrada no viveiro de policultivo com substrato (Bambu).

Azim *et al* (2004) avaliaram o efeito da densidade de substrato para o desenvolvimento do perifíton sobre a produção de peixes de água doce (catla, *Catla catla*; kalbaush, *labeo calbasu* e rohu, *labeo rohita*) em sistema de policultivo. No caso do rohu, importante raspador de perifíton, foi mais produtivo no tratamento com densidade de 100% de substrato (com relação à área do tanque), com produção 1,6 vezes maior do que no tratamento com 50% e 3,6 vezes maior que o controle.

Os tratamentos com densidade de substrato de 75 e 50 % tiveram produtividade três e 2,3 vezes maior do que a do controle. Contudo, não houve diferença estatística entre os tratamentos com 100 e 75% de densidade e entre os com 50 e 75%. A produção líquida do kalbaush foi mais elevada nos viveiros com área de 100% de substrato do que nas outras duas densidades de substratos e no controle. A produção líquida combinada das três espécies foi significativamente maior nos viveiros com área de 100% de densidade de substrato. Nesta densidade, a produção foi três e 1,4 vezes maior que o controle e o tratamento com 50% de

densidade de substrato, respectivamente. Não houve diferença entre os tratamentos S-100 e S-75 e entre S-50 e S-75.

Umesh *et al.* (1999) avaliaram o bagaço de cana-de-açúcar como substrato perifítico na produção de carpa comum, *O. mossambicus* e rohu *L. rohita* criados em tanques fertilizados com esterco de gado e ureia. Relataram produção de peixe 45-50% maior, quando comparada a do controle, sem substrato. Este incremento do crescimento foi atribuído ao biofilme crescido sobre o bagaço, que agiu como uma fonte de alimento adicional, e que aumentou a produção de zooplâncton na água. Com substrato seco de palha de arroz e folhas de jacinto d'água, rohu e carpa comum cresceram melhor, rendendo 3,09 kg/tanque, relativo a 2,87, 2,40 e 1,86 kg em viveiros com palha de arroz, aguapé e nenhum substrato, respectivamente (RAMESH *et al.* 1999). Em todos os tratamentos com substrato, a sobrevivência dos peixes foi maior (86-94%) do que no controle (81%). Mridula *et al.* (2003) avaliaram o uso de substrato seco de palha de arroz para melhorar o crescimento de *L. fimbriatus*. Cada tanque foi estocado com 30 peixes que foram criados por 90 dias, alimentando-se de uma farinha de peixe baseada em uma dieta de 31% de proteína. O crescimento de peixe foi significativamente mais alto em tanques baseados em substrato ( $p < 0,05$ ), sendo o aumento de 30 e 29% em tratamentos de bagaço e palha de arroz, respectivamente, quando comparado ao controle.

Keshavanath *et al.* (2001b) realizaram um estudo para definir a melhor densidade de peixes em viveiros com diferentes tipos de substratos como bambu, bagaço de cana e cano de PVC. As densidades de estocagem de juvenis de mahseer foram de 1, 1,5 e 2 peixes/m<sup>2</sup>. A produção bruta mais elevada de 491 kg/ha em 90 dias foi obtida com substrato de bambu na densidade de peixes mais alta, contra 450 kg/ha com cano de PVC. No tratamento de bagaço os feixes usados foram feitos de modo a que sua superfície externa fosse igual a dos outros dois substratos. Após a imersão, a cor da água mudou lentamente para preto amarelado devido à dissolução de matéria orgânica, e o nível de oxigênio dissolvido (OD) diminuiu para menos de 2,0 mg/L, levando à mortalidade total dos peixes.

Uddin *et al.* (2007) observaram que ocorreu um aumento de 40% na produção de tilápia em monocultivo, quando se utilizou uma densidade de 5 varas/m<sup>2</sup> de bambu como substrato. Em policultivo com camarão grande, o substrato contribuiu com 46%. A produção de camarão grande aumentou em 127%. A melhoria da produção de peixe/camarão (UDDIN *et al.*, 2009) e peixe de água salobra (GARG *et al.*, 2007) tem sido documentada em estudos onde há associação com cultivo de perifiton. O bagre Africano (*Clarias gariepinus*) também tem utilizado perifiton de substrato de bambu. Espécies estocadas à densidade de 0,8 peixe/m<sup>2</sup>

com bambu (4 varas/m<sup>2</sup>) apresentaram um rendimento 70% maior que o controle (AMISH *et al.*, 2008). Todos estes resultados dão a entender uma aplicabilidade mais ampla da tecnologia de perifiton no campo da piscicultura.

#### Densidade de estocagem e produção

Em um dos estudos mencionados anteriormente (KESHAVANATH *et al.*, 2001a), juvenis de “mahseer” foram cultivados em viveiros fertilizados com esterco e com três substratos: bambu, bagaço de cana e cano de PVC. As densidades de estocagem foram de 1, 1,5 e 2 peixes/m<sup>2</sup>. A maior produção bruta foi obtida na maior densidade de peixes, indicando o potencial para aumentar ainda mais a densidade do estoque no cultivo de peixe baseado em substrato. Em um estudo posterior, “rohu” foi estocado em três densidades, 1,2 e 3 peixes /m<sup>2</sup> durante 70 dias (KESHAVANATH *et al.*, 2012), empregando substratos de bambu e bagaço de cana. A instalação de substratos teve um efeito positivo no peso final e taxa de crescimento específico. Os pesos finais médios foram 32,40 g em bambu, 32,30 g em bagaço de cana e 23,22 g nos viveiros de controle. Substrato, densidade de peixe e sua interação não afetaram a sobrevivência do peixe, que variou de 67 a 100%. Como registrado no experimento de mahseer, a produção de peixe aumentou significativamente ( $p < 0,01$ ) com a densidade de estocagem. A produção com substratos de bambu, 285,75 g/6,25 m<sup>2</sup>/90 dias, e bagaço, 297,75 g/6,25 m<sup>2</sup>/90 dias, foi maior do que no controle, 207,42 g/6,25 m<sup>2</sup>/90 dias.

### 3 OBJETIVOS

#### Geral

Avaliar o efeito do uso de dois tipos de substratos (natural e artificial) em três densidades de cobertura do tanque na fixação de perifiton e no crescimento do jaraqui (*Semaprochilodus insignis*) em monocultivo e policultivo com o tambaqui (*Colossoma macropomum*).

#### Objetivos específicos

- Determinar o desempenho zootécnico do jaraqui de escama grossa (*Semaprochilodus insignis*) utilizando a macrófita aquática (*Pistia stratiotes*) como substrato natural para a fixação do perifiton em três densidades diferentes.
- Determinar o desempenho zootécnico do jaraqui de escama grossa (*Semaprochilodus insignis*) utilizando a tela plástica como substrato artificial para a fixação do perifiton em três densidades diferentes.
- Comparar o desempenho zootécnico do jaraqui (*Semaprochilodus insignis*) em relações aos substratos natural (*Pistia stratiotes*) e artificial (tela plástica), em três densidades diferentes, para fixação do perifiton em monocultivo;
- Avaliar a riqueza da composição taxonômicas das comunidades perifíticas dos substratos utilizados (*Pistia stratiotes* e tela plástica);
- Comparar as biomassas das comunidades perifíticas dos substratos utilizados (*Pistia stratiotes* e tela plástica);
- Determinar a viabilidade técnica da criação do jaraqui (*Semaprochilodus insignis*) como espécie principal no cultivo associado com tambaqui (*Colossoma macropomum*), utilizando a densidade de substrato que promoveu o melhor crescimento do jaraqui no primeiro experimento.

#### 4 HIPÓTESES

- H<sub>0</sub>: A densidade do substrato natural (*Pistia stratiotes*) não influencia no desempenho zootécnico do jaraqui;
- H<sub>0</sub>: A densidade do substrato artificial (tela plástica) não influencia no desempenho zootécnico do jaraqui;
- H<sub>0</sub>: O tipo de substrato não influencia no desempenho zootécnico do jaraqui;
- H<sub>0</sub>: O tipo e a densidade do substrato utilizado não influenciam o desempenho zootécnico no policultivo de jaraqui com tambaqui alimentados com ração;
- H<sub>0</sub>: O tipo de substrato não influencia a biomassa e a composição taxonômica e centesimal do perifiton.

## 5 REFERÊNCIAS

- AHMED, K. K.; HAMBREY, J. B. Brush shelter: a recently introduced fishing method in the Kaptai reservoir fisheries in Bangladesh. **ICLARM Quarterly NAGA**, v. 22, n. 4, p. 20-23, 1999.
- AHMED, Z. F. Electivity index and dietary overlap of *Catla catla* Hamilton in fertilized and fed and fertilized ponds of Bangladesh. **MSc thesis**, Faculty of Fisheries, BAU, Mymensingh, Bangladesh. 1993.
- AMISH, S.; ADJEI-BOATENG, D.; AFIANU, D. D. Effects of bamboo substrate and supplementary feed on growth and production of the African catfish, *Clarias gariepinus*. **Journal of Applied Sciences and Environmental Management**, v. 12, n. 2, p. 25- 28, 2008.
- AZIM, M. E. **The potential of periphyton-based aquaculture production systems**. 2001. 219f. Thesis (PhD)-Fish Culture and Fisheries Group, Wageningen Institute of Animal Sciences, Wageningen University, The Netherlands, 2001.
- AZIM, M. E. et al. Optimization of stocking ratios of two Indian major carps, rohu *Labeo rohita* Ham. and catla *Catla catla* Ham. in a periphyton- based aquaculture system. **Aquaculture**, p. 33- 49, 2001a.
- AZIM, M. E. et al. A comparison of fertilization, feeding and three periphyton substrates for increasing fish production in freshwater pond aquaculture in Bangladesh. **Aquaculture**, n. 212, p. 231-247, 2002.
- AZIM, M. E. et al. The effect of periphyton substrate density on production in freshwater polyculture ponds. **Aquaculture**, n. 232, p. 441-453, 2004.
- AZIM, M. E. et al. **Periphyton: ecology, exploitation, and management**. CABI Publishing. Wallingford, Oxfordshire OX10 8DE, UK, 2005. 319 p.
- BATISTA, V. S. **Distribuição, dinâmica da frota e dos recursos pesqueiros da Amazonia Central**. 290 f. Tese (Doutorado)-INPA/FUA, Manaus 1998.
- BATISTA, V. S; PETRERE, J. Caracterização da produção pesqueira desembarcada pela pesca profissional em Manaus, Amazonas. **Acta Amazônica**, v.33, n.1, p. 53-66, 2003.
- BOWEN, S. H. Composition and nutritional value of detritus. In: DETRITUS AND MICROBIAL ECOLOGY IN AQUACULTURE. ICLARM CONFERENCE, 13.,1987, **Proceedings...** ICLARM, Manila, Philippines, 1987. 192-216 p.
- BOYD, C. E. **Water quality in ponds for Aquaculture**. Auburn, Alabama, 1994.
- BRATVOLD, D.; BROWDY, C. L. Effects of sand sediment and vertical surfaces (AquaMats) on production, water quality, and microbial ecology in an intensive *Litopenaeus vannamei* culture system. **Aquaculture**, n. 195, p. 81-94, 2001.

BRESSAN, C. Diagnóstico da Aquicultura Capixaba. In: H. K. Andrade, **Aquicultura capixaba: Da produção ao mercado**. Vitoria: Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Socio-ambiental, 2006. 47-58 p.

CYRINO, J. E. P. et al. piscicultura e o ambiente – o uso de alimentos ambientalmente corretos em piscicultura. **Revista Bras. Zootec.**, v. 39, p. 68-87, 2010.

DAS, S. K.; MOITRA, S. K. Studies on the food of some common fishes of Uttar Pradesh, India. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, n. 25(B), p. 1-6, 1995.

DELINCÉ, G. **The Ecology of the Fish Pond Ecosystem with Special Reference to Africa**: Kluwer Academic Publishers. Dordrecht: The Netherlands. 1992

DEMPSTER, P.; BEVERIDGE, M. C. M.; BAIRD, D. J. Herbivory in the tilapia *Oreochromis niloticus* (L): a comparison of feeding rates on phytoplankton and periphyton. **Journal of Fish Biology**, New York, v. 43, p. 385- 392, 1993.

DEMPSTER, P. W.; BAIRD, D. J.; BEVERIDGE, M. C. M. Can fish survive by filter-feeding on microparticles? Energy balance in tilapia grazing on algal suspensions. **Journal of Fish Biology**, v. 47, p. 7-17, 1995.

DEWAN, S. Food selection, electivity and dietary overlap among planktivorous Chinese and Indian major carp fry and fingerlings grown in extensively managed, rain-fed ponds in Bangladesh. **Aquaculture and Fisheries Management**, v. 22, p. 277-294, 1991.

DHARMARAJ, M.; MANISSERY, J. K.; KESHAVANATH, P. Effects of biodegradable substrate, sugarcane bagasse and supplemental feed on growth and production of fringe-lipped peninsula carp, *Labeo fimbriatus* (Bloch). **Acta Ichthyologica et Piscatoria**, v. 32, p. 137-144, 2002.

FAO. **The State of World Fisheries and Aquaculture**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2012. 230 p.

FAO. **Fisheries and Aquaculture Department**. Global Aquaculture Production Statistics for the year 2011, [S.l.: s.n.], 2013. p. 3.

FARUK-UL-ISLAM, A. T. M. **The use of bamboo substrate to promote periphyton growth as feed for Nile tilapia *Oreochromis niloticus* in small ponds**. 306 f. Thesis (MSc)-Faculty of Fisheries, Bangladesh Agricultural University, Mymensingh, Banglades, 1996.

FREEMAN, Z. J. **Amazonian aquatic resources, fishery management and aquaculture development**. 122 f. Thesis (Woodrow Wilson School of Public and International Affairs)-Princeton University. 1995.

FREITAS, C. E. C. Recursos Pesqueiros Amazônicos: status atual da exploração e perspectivas de desenvolvimento do extrativismo e da piscicultura. In: MELO, Alex Fiuza de. (Org). **O Futuro da Amazonia: dilemas, oportunidades e desafios no limiar de Seculo XXI**. [S. l]: ED. Brasilia, p. 35-43, 2003. v. 1

GANDRA, A. L. **O mercado do pescado da região metropolitana de Manaus.** [S.l.]: CFC/FAO/INFOPECA, 2010. 84 p.

GANGADHAR, B.; KESHAVANATH, P. Growth Performance of rohu, *Labeo rohita* (Ham.) in Tanks Provided with Different Levels of Sugarcane Bagase as Periphyton Substrate. **Indian Journal of Fisheries**, v. 59, n. 3, p. 77-82, 2012.

GARG, S. K., Effect of periphyton and supplementary feeding on growth performance and some aspects of nutritive physiology of Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus* and Pearlsplit, *Etroplus suratensis* under polyculture. **Journal of Applied Aquaculture**, v. 19, n. 3, p. 19-45 2007.

HARGREAVES, J. A. Nitrogen biogeochemistry of aquaculture ponds. **Aquaculture**. v. 166, p. 181-212, 1998.

HATCHER, B. G. Grazing in coral substrate ecosystems. In: Barnes, D. J. (Ed.) **Perspectives on Substrates**. Australia: Brian Clouston Publishers, Manuka, 1983. p. 164-179

HAY, M. E. Fish-seaweed interactions on coral substrates: effects of herbivorous fishes and adaptations of their prey. In: Sale, P. F. (Ed.). **The Ecology of Fishes on Coral Substrates**. London: Academic Press, 1991. p. 96-119.

HEM, S.; AVIT, J. L. B. First results on 'acadjá-enclos' as an extensive aquaculture system (west Africa). **Bulletin of Marine Science**, v. 55, p. 1038- 1049, 1994.

HONDA, E. M. S. et al. Aspectos Gerais do Pescado no Amazonas. **Acta Amazônica**. v. 5, n. 1, p. 87-94, 1975.

HORN, M. H. Biology of marine herbivorous fishes. *Oceanography and Marine Biology Annual Review*, v. 27, p. 167-272, 1989.

HORNE, A. J.; GOLDMAN, C.R. **Limnology**. 2th ed. New York: McGraw-Hill, 1994. 576 p.

HUCHETTE, S. M. H. et al. The impacts of grazing by tilápias *Oreochromis niloticus* L. on periphyton communities growing on artificial substrates in cages. **Aquaculture**, v. 186, 45-60 p. 2000.

IBAMA. **Estatística da pesca 2007**: Brasil grandes regiões e unidades da federação. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente - MMA, 2009. 174p.

IBGE. **Atlas do Censo Demográfico 2010**. Rio de Janeiro, IBGE, 2013, Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home>>. Acesso em: mar. 2014.

IBGE. **Produção da Pecuária Municipal**, [S.l.: s.n.], 2013. 108 p. v. 41

ISAC, V. J; RUFFINO, M. L. **A estatística pesqueira no Baixo Amazonas**: experiencia do projeto IARA. [S.l.]: IBAMA. 2000. 22 p. (Coleção Meio Ambiente. Série Estudo de Pesca).

JIMENEZ-MONTEALEGRE, R. **Nitrogen transformation and fluxes in fish ponds**: a modeling approach. 2001.Thesis (PhD)-Wageningen University, The Netherlands. 2001.

JOICE, A.; SHANKAR, K. M.; MOHAN, C. V. Effect of bacterial biofilm in nurse on growth, survival and resistance to *Aeromonas hydrophila* of common carp, *Cyprinus carpio*. **Journal of Aquaculture in the Tropics**, v. 17, p. 283-298, 2002.

KESHAVANATH, et al. The effect of periphyton and supplemental feeding on the production of the indigenous carps Tot khudree and Labeo fimbriatus. **Aquaculture**, v. 231, p. 207- 218, 2002.

KESHAVANATH, P. et al. Effects of bamboo substrate and supplemental feeding on growth and production of hybrid red tilapia fingerlings (*Oreochromis mossambicus* x *Oreochromis niloticus*). **Aquaculture**, v. 235 n. 14, p. 303-314, 2004.

KESHAVANATH, P. et al. On-farm evaluation of India major carp production with sugarcane bagasse as substrate for periphyton. **Asian Fisheries Science**, v. 14, p. 367-376, 2001b.

KESHAVANATH, P. et al. The potential of artificial reefs to enhance production of freshwater herbivorous fish in pond culture. **Aquaculture Research**, v. 32, p. 189-197, 2001a.

KESHAVANATH, P. et al. Evaluation of Four Biodegradable Substrates for Periphyton and Fish Production. **Journal of Applied Aquaculture**, v. 24 n. 1, p. 60-68, 2012.

KUBITZA, F; ONO, E. A. Piscicultura familiar como ferramenta para o desenvolvimento e segurança alimentar no meio rural. **Panorama da Aquicultura**, v. 20, p.14-22, 2010.

LEGENDRE, M.; HEM, S.; CISSE, A. Suitability of brackish water tilapia species from the Ivory Coast for lagoon aquaculture. II- Growth and rearing methods. **Aquatic Living Resources**, v. 2, p. 81- 89, 1989.

MADENJIAN, C. P.; ROGERS, G. L.; FAST, A. W. Predicting nighttime dissolved oxygen loss in prawn ponds of Hawaii: part II. A new method. **Aquacultural Engineering**. v. 6, p. 209-225, 1987.

MILLER, M. W.; FALACE, A. Evaluation methods for trophic resource factors – nutrients, primary production, and associated assemblages. In: Seaman, W. Jr. (Ed.) **Artificial Reef Evaluation with Application to Natural Marine Habitats**. Boca Raton, Florida: CRC Press, 2000. p. 95-126

MILSTEIN, A. Ecological aspects of fish species interactions in polyculture ponds. **Hydrobiologia**, v. 231, p.177-186, 1992.

MILSTEIN, A. The effects of periphyton, fish and fertilizer dose on biological process affecting water quality in earthen fish ponds. **Environmental Biology of Fishes**, v. 68, p. 247- 260, 2003.

MINISTÉRIO DA PESCA DA PESCA E AQUICULTURA (MPA). **Produção Pesqueira e Aquícola-Estatística 2008-2010**. 2011. 60 p.

MORIARTY, D. J. W. The role of microorganisms in aquaculture ponds. **Aquaculture**, v. 151, p. 333-349, 1997.

MRIDULA, R. M. et al. Water quality, biofilm production and growth of fringe-lipped carp (*Labeo fimbriatus*) in tanks provided with two solid substrates. **Bioresource Technology**, v. 87, p. 263-267, 2003.

NACA/FAO. **Aquaculture development beyond 2000: The Bangkok declaration and strategy**. Bangkok, Thailand: Conference on Aquaculture Development in the Third Millennium, 2000. p. 127-146.

NAYLOR, R. L. Effect of aquaculture on world fish supplies. **Nature**, v. 405, 1017-1024 p. 2000.

NFEP. Production enhancement of the Indian major carp, *Labeo rohita* (Ham.) using bamboo trimmings as a substrate for the growth of periphyton. **NFEP Paper**. Parbatipur, Dinajpur, Bangladesh: Northwest Fisheries Extension Project, n.10.1997.

OLIVEIRA, A. M. Caracterização da Atividade de Piscicultura nas Mesorregiões do Estado do Amazonas, Amazonia Brasileira. **Revista Colombiana de Ciencia Animal**. v. 4, n. 1, p.154-162, 2012.

ONO, E. A. Cultivar peixes na Amazonia: realidade ou utopia? **Panorama da Aquicultura**, v.90, p. 41-48, 2005.

ONO, E. A., O gigante da Amazonia-Perspectivas para o aumento da oferta de juvenis de pirarucu. **Panorama da Aquicultura**, v.110, p. 45-47, 2007.

PEREIRA FILHO, M. Piscicultura na Amazônia brasileira: entraves ao seu desenvolvimento. In: FERREIRA, E. J. G. et al. Bases científicas para estratégias de preservação e desenvolvimento da Amazônia fatos e perspectivas. Manaus: INPA, p. 1993. 373-379

PETREIRE, J. R. M. Pesca e Esforço de Pesca no Estado do Amazonas. 11. Locais. Aparelhos de captura e estatística de desembarque. **Ata Amazônica**, v. 8, n. 3, p. 54 1978.

PEZZATO, L. E.; SCORVO FO J. D.; Situacao atual da aquicultura na regioao sudeste. In: W. C. Valenti, C. R. Poli, J. A. Pereira and J. R. **Borghetti, aquicultura no Brasil: bases para um desenvolvimento sustentavel**. Brasília, DF: Concelho Nacional de Desenvolvimento Cientifico e Tecnologico, 2000. p. 303-322.

POTT, V. J.; POTT, A. Plantas aquáticas do Pantanal. 1ed. Corumbá, EMBRAPA 2000.

RAMESH, M. R. Comparison of three plat substrates for enhancing carp growth through bacterial biofilm. **Aquaculture Engineering**, v.19, p.119-131, 1999.

ROCHA, I. P. Panorama da carcinicultura brasileira em 2007: Desempenho, desafios oportunidades. **Panorama da Aquicultura**, v. 104, p. 26-31, 2007.

ROUBACH, R. Aquaculture in Brazil. **Word Aquaculture**, v. 34, n. 1, p. 28-35, 2003.

ROLIM, P. R. A infra - estrutura básica para criação de peixes no Amazonas. In: VAL, A. L.; HONCZARYK, A. **Criando peixes na Amazônia**. Manaus: INPA, 1995. p. 7-16

ROMBENSO, A. N. Cria de cobia em jaulas. *Infopesca*, v. 42, p. 22-25, 2010.

SAMPAIO, L. A. Brazilian Aquaculture Update. **World Aquaculture Magazine**, 2010. P. 35-41; 67-68.

SANTOS, A. A. **Estratégias para o uso sustentável dos recursos pesqueiros da Amazônia**. Rio de Janeiro: Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável. 1995. 45 p.

SCHROEDER, G. L. Carbon pathways in aquatic detrital systems. In: Moriarty, D. J. W.; Pullin, R. S. V. (Eds.) *Detritus and Microbial Ecology in Aquaculture*. ICLARM CONFERENCE 13., 1987. **Proceedings...** Manila, Philippines: ICLARM, 1987. p. 217-236

SHANKAR, K. M.; MOHAN, C. V.; NANDEECHA, M. C. Promotion of substrate based microbial biofilms in ponds-a low cost technology to boost fish production. **The ICLARM Quarterly NAGA**. v. 21, p. 18-22, 1998.

SHRESTHA, M. K.; KNUD-HANSEN, C. F. Increasing attached microorganism biomass as a management strategy for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) production. **Aquacultural Engineering**, v. 13, p. 101-108, 1994.

SILVA, G. H.; CAMARGO, A. F. M. Efficiency of aquatic macrophytes to treat Nile tilapia pond effluents. **Sci. Agric**, Piracicaba, v. 63, n. 5, p. 433-438, 2006.

SMITH, D. W.; PIEDRAHITA, R. H. The relation between phytoplankton and dissolved oxygen in fish ponds. **Aquaculture**, v. 68, p. 249-265, 1988.

TEICHERT-CODDINGTON, D.; GREEN, B. W. Tilapia yield improvement through maintenance of minimal oxygen concentration in experimental growout ponds in Honduras. **Aquaculture**. v. 118, p. 63-71, 1993.

TIDWELL, J.; COYLE, S.; VANARNUM, A.; WEIBEL, C. Production of Freshwater prawns *Macrobrachium rosenbergii* to increasing amounts of Artificial Substrate in Ponds. **Journal of the World Aquaculture Society**. v. 31, n. 3, p. 452-458, 2000.

UDDIN, M. S. Technical evaluation of tilapia *Oreochromis niloticus* monoculture and tilapia prawn *Macrobrachium rosenbergii* polyculture in earthen ponds with and without substrates for periphyton development. **Aquaculture**, v. 269, p. 232- 240 2007.

UDDIN, M. S. Effects of substrate addition and supplemental feeding on plankton composition and production in tilapia (*Oreochromis niloticus*) and freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) polyculture. **Aquaculture**, v. 297, p. 99-105, 2009.

UMESH, N. R.; SHANKAR, K. M.; MOHAN, C. V. Enhancing growth of common carp, rohu and Mozambique tilapia through plant substrate: the role of bacterial biofilm. **Aquaculture**, v. 7, p. 251-260, 1999.

VAL, A. L.; HONCZARYK, A. criação de peixes na Amazônia: um futuro promissor. In: VAL, A. L.; HONCZARYK, A. **Criando peixes na Amazônia**. Manaus: INPA, 1995. p. 1-5

VAN DAM, A. A. The potential of fish production based on periphyton. **Reviews in Fish Biology and Fisheries**. v. 12, p. 1-31, 2002.

WAHAB, M. A.; KIBRIA, M. G. Katha and kua fisheries- unusual fishing methods in Bangladesh. **Aquaculture New**, p. 18-24, 1994.

WASIELESKY, W. J.; D. KRUMMENAUER; L.H.POERSCH, Produção de camarões em sistema de bioflocos: os números não param de crescer. **Revista da Associação Brasileira de Criadores de Camarão XII**. p. 90-93, 2010.

WELCOME, R. L. An evaluation of acadja method of fishing as practiced in the costal lagoons of Dahomey (West Africa). **Journal of Fish Biology**, v. 4, p. 39-55, 1972.

WETZEL, R. G. A comparative study of the primary productivity of higher aquatic plants, periphyton and phytoplankton in a large, shallow lake. *Intrnationale Revue der Gesamten Hydrobiologie*. v.48, p. 1-61, 1964.

WETZEL, R. G. Attached algae-substrata interactions: fact or myth, and when and how? In: WETZEL, R. G. (Ed.). **Periphyton of Freshwater Ecosystems**. The Netherlands: Dr W. Junk Publishers, The Hague, 1983. 207-215 p.

WESTLAKE, D. F. et al. Primary production. In: LeCREN, E.D.; LOWE-McCONNELL, R.H. (Eds.). **The Functioning of Freshwater Ecosystems (International Biological Programme 22)**. Cambridge, Massachusetts: Cambridge University Press, 1980. 588 p.

YAKUPITIYAGE, A. Constraint to the use of plant fodder as fish in tropical small-scale tilapia culture systems: an overview. In: KAUSHIK, S. J.; LUQUET, P. (Eds.). *Fish nutrition in Practice*. Institut National de la Recherche Agronomique. **Les Colloques**, Paris, n. 61, 1993. 681-689 p.

## CAPÍTULO I

### RESUMO

#### **EFEITO DO USO DE DOIS TIPOS DE SUBSTRATOS, EM DIFERENTES DENSIDADES DE COBERTURA DO TANQUE, SOBRE A FIXAÇÃO DO PERIFITON E O CRESCIMENTO DE JARAQUI**

A aquicultura baseada no perifiton utiliza substratos para aumentar a produção da comunidade perifítica, que servirá como fonte alimentar para peixes. Teoricamente, este sistema de cultivo poderia melhorar a conversão da produção primária em biomassa de peixes, tornando-se mais eficiente e econômico. Dessa forma o objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito do uso de dois tipos de substratos (natural ou artificial), em diferentes densidades de cobertura dos tanques, sobre a fixação do perifiton e o crescimento, produção e sobrevivência de alevinos de jaraqui (*Semaprochilodus insignis*). Para esta pesquisa, foram escolhidos como substrato natural a macrófita (*Pistia stratiotes*) e o artificial a tela de náilon monofilamento de um mm malha. O cultivo foi realizado em tanques de alvenaria de 46m<sup>2</sup> e com profundidade média de 70 cm. Os tanques foram adubados com uréia, superfosfato triplo e farelo de trigo com base na transparência da água (30-50cm). A diferença entre os tratamentos foi avaliada com o uso da análise de variância com dois fatores (ANOVA\_two way). Todas as variáveis de qualidade de água medidas neste estudo estavam dentro da escala aceitável para o cultivo de peixes, apenas o tratamento com cobertura de substrato natural de 30% apresentou concentração de ortofosfato acima do limite máximo tolerável para o cultivo de peixes. Observou-se a influência do perifiton fixado em substrato natural e artificial sobre o crescimento e produção do jaraqui ao final do período de quatro meses. Os maiores valores de biomassa do jaraqui foram registrados nos tratamentos de 20% natural e 10% artificial (25,05 e 21,70 g/m<sup>2</sup>, respectivamente). Equivalente a uma produtividade de 250 e 217 kg/ha/4meses, para 20% de *P. stratiotes* e 10% de tela plástica, respectivamente. O jaraqui apresentou melhor crescimento quando cultivado em tanques onde foram adicionados substrato artificial, nas densidades de 10% e 20% de tela plástica e natural, de 20% de *P. stratiotes*, para fixação de perifiton.

**Palavra-chave:** Aquicultura, *Pistia stratiotes*, Alevinos, Produção, Jaraqui e *Semaprochilodus insignis*.

## ABSTRACT

### USAGE EFFECT OF TWO SUBSTRATES TYPES AT DIFFERENT COVER DENSITIES FOR PERIPHYTON FIXATION IN THE GROWING OF JARAQUI CULTURE

In periphyton-based aquaculture natural/ artificial substrates are provided to increase the production of natural food periphyton, which will serve as an additional food source for fish. Theoretically, culture system based on periphyton could enhance the conversion of primary production into fish biomass, making the system more efficient and economical. The aim of this study was to evaluate the effect of two types of substrates, at different densities on fixing periphyton and growth, production and survival of fingerlings of coarse scale jaraqui (*Semaprochilodus insignis*). Natural substrate macrophyte (*Pistia stratiotes*) and artificial substrate plastic screen were used. The fish was grown in masonry 46m<sup>2</sup> tanks with average depth of 70 cm. The ponds were fertilized with urea, triple superphosphate and bran based on water transparency (30 -50 cm). The difference between treatments was assessed using analysis of variance with two factors (Two-way ANOVA). Every water quality variable measured in the present study showed to be within the acceptable range for fish culture, apart from the 30% natural substrate cover treatment, which presented above maximum tolerable limit orthophosphate concentration. Influence of periphyton that set in on natural (*P. stratiotes*) and artificial (plastic screen) substrates on the growth and yield of jaraqui (*Semaprochilodus insignis*) was observed at the end of the period of four months. The highest jaraqui biomass values were those recorded on the 20% natural and 10% artificial substrates treatments (25.05 and 21.70 g/m<sup>2</sup>, respectively), which is tantamount to four month 250 and 217 kg/ha fish yield, for 20% of *P. stratiotes* and 10% of plastic screen, respectively. The jaraqui showed better growth when grown in tanks which were added artificial substrate at densities of 10% and 20% of plastic screen and natural, 20% of *P. stratiotes*, for fixing periphyton.

Keywords: Aquaculture, *Pístia stratiotes*, Plastic screen, Jaraqui e *Semaprochilodus insignis*.

## 1 INTRODUÇÃO

A aquicultura baseada no perifiton utiliza substratos para aumentar a produção de perifiton, que servirá como fonte alimentar para peixes (KESHAVANATH *et al.*, 2012). Teoricamente, esse sistema de cultivo poderia intensificar a conversão da produção primária em biomassa de peixes, tornando o sistema de cultivo mais eficiente e econômico (AZIM *et al.*, 2002b), ao reduzir a necessidade de ração comercial (KESHAVANATH *et al.*, 2002). O sucesso deste tipo de sistema de produção depende de fatores como a quantidade e qualidade do perifiton, hábito alimentar da espécie cultivada, densidade de estocagem, sazonalidade, tipo e densidade do substrato, a disponibilidade de fontes alimentares não-perifítica, etc. (GANGADHARA e KESHAVANATH, 2008).

Estudos têm demonstrado que a composição e os aspectos nutricionais do perifiton cultivado variam, de acordo com o tipo de substrato empregado para fixação do perifiton (GANGADHARA e KESHAVANATH, 2008; KESHAVANATH *et al.*, 2012). Na Índia, estudos que visam determinar a eficiência do tipo de substrato na produção de perifiton para uso aquícola, têm testado substratos biodegradáveis, como bambu, bagaço de cana, palha de arroz e folhas de palmeiras e de coco, além daqueles não degradáveis, como borracha de pedaços de pneus velhos, telha de cerâmica e de barro, tubo de PVC e lâmina de vidro (MRIDULA *et al.* 2003; GANGADHARA e KESHAVANATH, 2008; KESHAVANATH *et al.*, 2012). O uso de substratos orgânicos facilmente degradáveis para fixação de perifiton tem um forte efeito sobre os níveis de oxigênio dissolvido (OD) e este efeito é menos pronunciado com uso de substratos resistentes (como o bambu) e ainda menos pronunciado quando substratos sintéticos são usados (como o plástico), indicando que o tipo do substrato deveria ser cuidadosamente selecionado, de modo a não sobrecarregar o sistema (KESHAVANATH *et al.*, 2004).

Na região amazônica, a macrófita *Pistia stratiotes* é abundante e apresenta um sistema radicular muito amplo e desenvolvido com uma elevada superfície de absorção e capacidade micelial para fixar substâncias orgânicas, inorgânicas e perifiton (POTT e POTT, 2000). Estas características podem favorecer o uso desta planta como substrato natural na piscicultura da região. Dentre os substratos artificiais, a tela plástica, por ser bastante resistente, quando exposta ao sol e à água e ter um custo relativamente baixo e de fácil aquisição nos mercados locais, parece ser substrato desejável para fixação de perifiton.

Os jaraquis (*Semaprochilodus* spp.), considerados iliófagos e detritívoros, parecem apropriados para a criação baseada no consumo de perifiton (SANTOS *et al.*, 2006), uma vez

que, a frequência de algas encontradas em seu conteúdo estomacal é sempre alta e já foram observados alimentando-se da comunidade perifítica e de matéria orgânica particulada fina (detritos) encontradas nos substratos naturais de lagos e rios (MAGO LÉCCIA, 1972; RIBEIRO, 1983; SANTOS *et al.*, 2006). Simultaneamente, poucos estudos sobre cultivo de jaraqui (*Semaprochilodus* spp.) o apontam como tendo um bom potencial para a criação em cativeiro (REZENDE *et al.*, 1985; GRAEF *et al.*, 1986). Aliado a isso, apesar de não ser considerado um peixe nobre, o jaraqui desempenha uma importante função social, no que diz respeito à alimentação das populações do Amazonas, representando cerca de 50% do desembarque pesqueiro nos portos de Manaus (THOMÉ, 2007; GANDRA, 2010).

Sob o ponto de vista ambiental, o cultivo do jaraqui contribuirá para a preservação deste recurso pesqueiro, uma vez que, atualmente, em função do crescimento da população humana a demanda por esta espécie tem aumentado significativamente, o que vem contribuindo para a redução do seu estoque natural, ocasionada pela a sobrepesca, principalmente, no período sazonal da reprodução na maioria dos ambientes aquáticos onde esta espécie é frequente (BATISTA, 1998; VIEIRA, 2003).

Experimentos realizados em viveiros semi-escavados e tanques de alvenaria, mostraram que, quando são utilizados substratos, a comunidade perifítica instala-se imediatamente, contribuindo com o aumento da produtividade primária e produção secundária de várias espécies de peixes cultivadas (LEGENDRE *et al.*, 1989; RAMESH *et al.*, 1999; WAHAB *et al.*, 1999; AZIM *et al.*, 2001a; 2002a; KESHAVANATH *et al.*, 2001; 2002; 2004; JANA *et al.*, 2004; UDDIN, 2006; 2007).

Apesar da disponibilidade de informações sobre o cultivo da tilápia e outras espécies de peixes utilizando a piscicultura baseada na comunidade perifítica no continente asiático (LEGENDRE *et al.*, 1989; RAMESH *et al.*, 1999; WAHAB *et al.*, 1999; AZIM *et al.*, 2002b; MILSTEIN *et al.*, 2003; VAN DAM e VERDEGEM, 2005; UDDIN *et al.*, 2007), no Brasil, este tipo de estudo, em que se utiliza espécies nativas são escassos. Dessa forma, o objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito do uso de dois tipos de substratos, em diferentes densidades, sobre a fixação do perifiton e o desempenho zootécnico de alevinos de jaraqui.

## 2 MATERIAL E MÉTODO

### 2.1 Área de estudo

O experimento foi realizado na Estação de Piscicultura de Balbina, vinculada à Secretaria de Pesca e Aquicultura do Estado do Amazonas (SEPA) e localizada nas coordenadas no complexo da unidade hidrelétrica de Balbina ( $1^{\circ}55'07,93''S$  e  $59^{\circ}27'54,26''W$ ) na rodovia AM-270 km 82, município de Presidente Figueiredo, AM. As instalações da Estação de Piscicultura de Balbina dispõem de 6,78 ha de superfície de água constituída por tanques e viveiros que variam de 46,00 a 5.000,00 m<sup>2</sup> e laboratórios para análises físico-química da água (Figuras 1, 2). Também foram utilizadas as instalações dos Laboratórios de Limnologia e plâncton, pertencentes à Coordenação de Biodiversidade (CBIO), na sede do Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia (INPA), Manaus.



**Figura 1** - Vista geral do complexo aquícola de Balbina com destaque, em branco, para a área onde foi desenvolvido o experimento.  
Fonte: Bing Bird's Eye Maps (2013).

### Delineamento experimental

O experimento teve duração de quatro meses, com início no mês março/2013 e término em julho/2013.

Para avaliar a influência de dois tipos de substratos, natural (macrófita aquática; *Pistia stratiotes*) e artificial (tela plástica), em diferentes densidades, sobre a fixação de perifíton e o

desempenho zootécnico do jaraqui escama grossa (*Semaprochilodus insignis*) foi realizado um experimento com um delineamento inteiramente casualizado composto por dois fatores: 1) tipo de substrato e 2) densidade de substrato. Foram utilizados sete tratamentos (três repetições cada um): 1= Controle (sem substrato); 2 = 10% *Pistia stratiotes*/área do tanque; 3 = 20% *Pistia stratiotes*/área do tanque; 4 = 30% *Pistia stratiotes*/área do tanque; 5 = 10% tela plástica/área do tanque; 6 = 20% tela plástica/área do tanque; 7 = 30% tela plástica/área do tanque (Tabela 1).

Cada tanque recebeu o substrato artificial ou natural conforme a seguintes densidades: 4,62m<sup>2</sup> (10% da área do tanque); 9,24m<sup>2</sup> (20% da área do tanque) e 13,86m<sup>2</sup> (30% da área do tanque) (Figuras 4 e 5).

**Tabela 1** - Delineamento experimental. A numeração é usada para identificar os tanques alocados para cada tratamento. O grupo controle não recebeu substrato.

Repetição	Controle	Tipo de substrato					
		Natural			Artificial		
		Densidade do substrato (%)					
		10	20	30	10	20	30
1	2	1	4	7	15	19	22
2	10	3	5	8	16	20	23
3	11	12	6	9	18	21	24

#### Unidades experimentais

A Estação de Piscicultura de Balbina disponibilizou para esse estudo vinte e quatro tanques de alvenaria com dimensionamento padrão de 3,70 m de largura por 12,60 m de comprimento por 0,70 m de profundidade média, totalizando 46,62 m<sup>2</sup> em superfície de água e 32,63 m<sup>3</sup> em volume (Figura 3-A). Desse total de tanques, apenas vinte e um foram selecionados para o experimento. O sistema de abastecimento de água é constituído por canais construídos de alvenaria. Nesse canal de abastecimento foi construído um filtro utilizando seixo de tamanho 1, com a finalidade de evitar a entrada de tilápias (Figura 3-B), e uma entrada de água feita com tubo de PVC de 1,50'' Ø (Figura 3-C). A água de abastecimento é proveniente da represa de Balbina. O sistema de drenagem dos tanques é constituído de quatro tubos de PVC de 2,00'' Ø com registro de fechamento rápido para controle de nível e drenagem do tanque (Figura 3-D).



**Figura 2** - Vista aérea da área onde foi desenvolvido o experimento.  
Fonte: Acervo da UHE-Balbina (2013).



**Figura 3** - Tanque experimental (A); Canal de abastecimento e filtro (B); Entrada de água (C); Sistema de drenagem (D).  
Fonte: S. A. R. Tortolero (2013).

### Preparação da unidade experimental (tanques)

A preparação da unidade experimental foi realizada segundo o cronograma abaixo:

- 1<sup>a</sup>. Drenagem e secagem – o tanque foi drenado e lavado;
- 2<sup>a</sup>. Desinfecção – o tanque foi exposto ao sol por dois dias para eliminar os organismos presentes;
- 3<sup>a</sup>. Calagem – foi aplicada 30,00 g/m<sup>2</sup> de cal virgem (CaO) sobre o fundo do tanque;

4<sup>a</sup>. Adubação inorgânica – foi aplicado 186g de superfosfato triplo + 372g de ureia + 100g de farelo de trigo, em cada tanque;

5<sup>a</sup>. Enchimento – o tanque foi abastecido com água até atingir a profundidade média de 0,70 m.

6<sup>a</sup>. Substrato – foram adicionados nos tanques de acordo com o seu tipo e densidade;

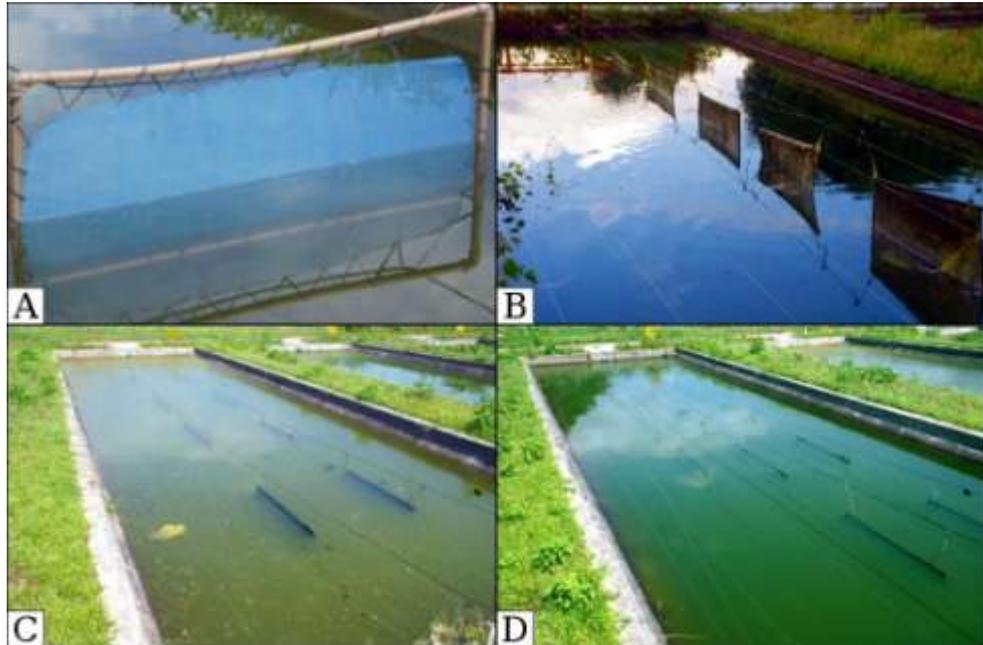
7<sup>a</sup>. Estocagens dos peixes - dez dias após a adubação inorgânica, os peixes foram colocados nos tanques.

#### Escolha dos substratos

Para esta pesquisa, foram escolhidos como substrato natural a macrófita (*Pistia stratiotes*) e o artificial a tela plástica (Figuras 4 e 5).



**Figura 4** - Tanques com substrato natural constituído de uma armação circular de borracha contendo *Pistia stratiotes* (A); cobertura de macrófita de 10% (B); 20% (C) e 30% (D) de densidade, com relação a área do tanque.  
Fonte: S. A. R. Tortolero (2013).



**Figura 5** - Tanques com substrato artificial de tela plástica, preso a uma armação retangular de PVC (A); cobertura de tela de 10% (B); 20% (C) e 30% (D) de densidade, com relação à área do tanque. Fonte: S. A. R. Tortolero (2013).

### Animais experimentais

Para esta pesquisa, utilizou-se a espécie *Semaprochilodus insignis* (jaraqui de escama grossa) em regime de monocultivo (Figura 6).



**Figura 6** - Jaraqui de escama grossa (*Semaprochilodus insignis*)  
Fonte: S. A. R. Tortolero (2013).

Os alevinos de jaraqui de escama grossa (*Semaprochilodus insignis*; Figura 6) foram capturados e selecionados pelo tamanho ( $\pm$  comprimento padrão de 4cm), no lago do Catalão, localizado a cerca de 5km da cidade de Manaus, no município de Iranduba, Amazonas. Para a captura, foi utilizada rede de malha de 25m de comprimento por 8m de altura, feita de multi-

filamento de nylon com 3mm entre nós opostos. Estes alevinos foram transportados para a Estação de Piscicultura de Balbina, em saco plástico com a capacidade de sessenta litros. Cada saco foi abastecido com uma solução salina de água e oxigênio na proporção de 1:3, segundo Gomes (2001; Figura 7). Os alevinos foram estocados em cada tanque na densidade de  $1/m^2$ .



**Figura 7** - Acclimação térmica de alevinos de jaraquis de escama grossa *Semaprochilodus insignis*.  
Fonte: S. A. R. Tortolero (2013).

#### Monitoramento da qualidade da água das unidades experimentais

A qualidade da água dos tanques foi verificada diariamente por meio da avaliação de variáveis físicas, físico-químicas e químicas (oxigênio, temperatura, pH, e condutividade elétrica) a 30cm de profundidade na coluna de água.

As amostras de água para a determinação da alcalinidade,  $NO_3^-$ ,  $NO_2^-$ ,  $NH_3$ ,  $PO_4^{3-}$  foram coletadas, quinzenalmente, a 30 cm da superfície do tanque. A biomassa e a composição taxonômica do perifiton foram amostradas em uma área de  $25cm^2$  de cada um dos substratos. As amostragens foram realizadas no horário compreendido entre 07:00 e 09:00 horas da manhã.

#### Variáveis físicas, químicas e físico-químicas

A temperatura da água ( $^{\circ}C$ ) foi medida com oxímetro portátil modelo AT-160 da Alfakit. A condutividade elétrica ( $\mu S/cm^2$ ) foi medida utilizando um condutivímetro portátil modelo AT-230 da Alfakit. Potencial hidrogeniônico (pH) foi medido utilizando o potenciômetro portátil modelo AT-315 da Alfakit. A alcalinidade (mg/L de  $Ca_2CO_3$ ) foi

analisada com uso do método de titulação volumétrica (Kit de alcalinidade da Alfakit). O oxigênio dissolvido (mg/L) foi medido com aparelho digital portátil modelo AT-160 da Alfakit. O Nitrogênio (nitrito  $\text{NO}_2^-$ , nitrato  $\text{NO}_3^-$ , amônia  $\text{NH}_3$ ) e o fósforo (Ortofosfato  $\text{PO}_4$ ) inorgânico foram medidos utilizando um fotocolorímetro digital modelo AT-100 P da Alfakit.

### **Variáveis biológicas**

#### **I - Biomassa do perifíton**

O perifíton dos substratos natural (*Pistia stratiotes*) e artificial (tela plástica) foi coletado em uma área de 5x5 cm e a amostragem foi sempre realizada em triplicata. Para o substrato artificial, a coleta foi feita por meio de raspagem com uso de uma espátula fina, feita com folha plástica, para cada amostragem uma área intacta da tela plástica foi escolhida para a coleta do perifíton, este material foi diluído em 50 mL de água destilada.

Para o substrato natural foram retiradas três plantas de cada unidade experimental cortando-se a raiz de cada uma delas separadamente, cada raiz foi colocada sobre uma superfície plana e rígida para juntar todas as suas ramificações. Em seguida, uma área de 5x5 cm das raízes foi cortada e o perifíton presente foi cuidadosamente segregado com o auxílio de um pincel. Posteriormente, o perifíton foi dissolvido em 50 mL de água destilada.

A partir deste ponto, o procedimento para determinação da biomassa foi igual para ambos os substratos. Cada solução foi transferida para um tubo de falcon, pesado previamente, e centrifugada por 15 minutos. Após esse processo, o sobrenadante foi retirado e o tubo de falcon foi levado à estufa para desidratação por um período de 12 horas a 60°C. Posteriormente, cada tubo de falcon foi repesado.

A biomassa do perifíton foi obtida pela diferença entre o peso de cada tubo de falcon mais peso do perifíton e o peso do tubo de falcon, sem o perifíton segundo a expressão: [(peso do tubo de falcon mais o peso do perifíton) – (peso do tubo de falcon sem o peso do perifíton)]. A biomassa média de cada unidade experimental foi obtida somando as três medidas realizadas em cada tanque e a biomassa média dos tratamentos foi determinada a partir da soma das réplicas, ou seja, de cada unidade experimental.

## II - Composição taxonômica

As amostragens de perifíton para a determinação da composição taxonômica foram feitas seguindo a mesma metodologia descrita para a biomassa do perifíton (2.7.2-I). Após a extração, o perifíton foi acondicionado em frasco de polietileno e fixado em solução de Transeau [água: álcool: formol (6:3:1); Bicudo e Bicudo, 1970] A identificação taxonômica do perifíton foi realizada por especialista utilizando um microscópio modelo Leica DM-2500 e com uso de chaves de identificação retirada de bibliografia especializada (Bicudo e Menezes, 2006).

### Composição centesimal do perifíton

As amostragens de perifíton para a determinação da composição centesimal nos diferentes substratos foram realizadas seguindo a mesma metodologia descrita para a biomassa do perifíton (2.7.2-I), exceto, pelo tamanho da área amostrada. No final do experimento, as 21 subamostras dos tratamentos foram analisadas em triplicata para determinar o percentual de umidade, cinza, lipídios totais, proteínas de acordo com as normas preconizadas pela AOAC, 1975 e adotadas pelo Instituto Adolfo Lutz, 1988. Os lipídios totais foram determinados pelo método de Bligh e Dyer, 1959. A fração ninfext foi calculada pela diferença, ou seja, pela somatória dos percentuais de umidade, cinza, lipídios e proteínas subtraídas de 100 (cem).

### Desempenho zootécnico

#### **Biometria**

A biometria foi realizada no início do cultivo e a cada trinta dias até o fim do cultivo, totalizando cinco aferições. Para essas análises, quinze peixes eram coletados em cada tanque, acondicionados em baldes com água, oxigênio e sal a 2%. Em seguida, eram pesados em balança eletrônica (precisão 0,1g) e o comprimento padrão medido com o uso de um ictiômetro. Posteriormente, foram devolvidos ao tanque.

Além do peso e comprimento, também foram determinados os seguintes parâmetros de desempenho zootécnico:

### Sobrevivência

Sobrevivência foi determinada pela diferença entre n° inicial de peixes e o n° final de peixes. Já, o percentual de sobrevivência dos indivíduos ao longo dos quatro meses de cultivo foi calculado por meio da razão entre o n° final de peixes\*100 e o n° inicial de peixes, como se segue:

$$(\quad) = \frac{(\quad)}{(\quad)}$$

Onde  $(\quad)$  é a sobrevivência,  $(\quad)$  é o número de peixes contados ao final do cultivo e  $(\quad)$  é o número de peixes contados no momento do povoamento dos tanques.

### Ganho de Biomassa

Determinado depois de finalizado o experimento,  $(\quad)$  é a diferença entre o peso total de todos os indivíduos ao final do cultivo e o peso total de todos os indivíduos no início do cultivo. Foi calculada através da equação demonstrada abaixo.

$$(\quad) = (\quad) - (\quad)$$

Onde  $(\quad)$  é o ganho de biomassa,  $(\quad)$  é a biomassa estimada ao final do cultivo e  $(\quad)$  é a biomassa estimada para o momento do povoamento dos tanques. A biomassa foi calculada através da multiplicação do peso total médio dos peixes do tanque pela quantidade de indivíduos vivos, conforme demonstrado nas equações abaixo.

$$(\quad) = (\quad) \times (\quad)$$

$$(\quad) = (\quad) \times (\quad)$$

Onde  $(\quad)$  é o peso total médio dos peixes ao final do cultivo e  $(\quad)$  é o peso total médio dos peixes no momento do povoamento dos tanques.

### Fator de Condição

Determinado depois de finalizado o experimento, representa o grau de bem-estar do peixe dentro das condições de cultivo. É calculado como a razão entre o peso total do peixe e o peso total teórico, conforme a equação demonstrada abaixo.

$$\frac{(\quad)}{(\quad)}$$

Onde  $\phi$  é o fator de condição,  $P$  é o peso total,  $L$  é o comprimento padrão e  $a$  é o coeficiente de inclinação da equação da relação peso comprimento, demonstrada abaixo, e  $b$  é estimado através do método de mínimos quadrados.

### Taxa de Crescimento Específico

A taxa de crescimento específico foi calculada por meio do produto de cem pela diferença entre os logaritmos da biomassa final e inicial, dividido pelo tempo em dias.

$$\frac{(\quad)}{(\quad)}$$

### Taxa de Incremento em Peso

A taxa de incremento em peso foi calculada por meio do produto de cem pela diferença entre a biomassa final e biomassa inicial, dividido pela biomassa final.

$$\frac{(\quad)}{(\quad)}$$

### Análises estatísticas

Para verificar o efeito dos tratamentos sobre a qualidade da água e parâmetros zootécnicos do jaraqui, foi usada a Análise de Variância com dois fatores (ANOVA\_Two way), conforme descrito em Chambers *et al.* (1992). O teste q de Tukey para comparação de

médias múltiplas foi procedido conforme descrito em Miller (1981) e Yandell (1997), auxiliado pelos algoritmos escritos por Piepho (2004), Hothorn *et al.* (2008) e Bretz *et al.* (2010). As análises foram realizadas com o uso do software estatístico R (R Core Team, 2014).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### Qualidade da água

Durante a fase experimental verificou-se que as variáveis condutividade elétrica ( $p=0,0634$ ), alcalinidade ( $p=0,5240$ ), nitrito ( $p=0,5067$ ), nitrato ( $p=0,2946$ ) e amônia ( $p=0,8570$ ) não apresentaram diferenças estatísticas significativas para os valores obtidos nos tratamentos formados por substrato natural (macrófitas) e artificial (tela plástica). Entretanto, as variáveis oxigênio dissolvido-OD ( $p=0,0052$ ), pH ( $p=0,0053$ ), temperatura ( $p=0,0354$ ) e ortofosfato ( $p=0,0045$ ) apresentaram diferenças significativas (Tabela 2). Estes dados sugerem que, no presente estudo a qualidade da água apresentou padrões aceitáveis para o cultivo de peixes (KUBITZA, 1997; BHATNAGAR *et al.*, 2004).

**Tabela 2** – Variáveis físicas, físico-químicas e químicas (média  $\pm$  desvio padrão) da água de cultivo de jaraqui *Semaprochilodus insignis* submetido a diferentes tipos e densidades de substrato para fixação de perifíton.

Vriáveis	Controle	Substrato					
		Natural			Artificial		
		Densidade do substrato (%)					
		10	20	30	10	20	30
OD	7,19 $\pm$ 0,26a	6,71 $\pm$ 0,46a	5,74 $\pm$ 0,29b	5,32 $\pm$ 0,04b	6,90 $\pm$ 0,25 <sup>a</sup>	7,02 $\pm$ 0,13a	6,79 $\pm$ 0,36a
pH	8,66 $\pm$ 0,16ab	8,68 $\pm$ 0,37ab	8,18 $\pm$ 0,23bc	7,93 $\pm$ 0,22c	8,65 $\pm$ 0,05ab	8,88 $\pm$ 0,09a	8,94 $\pm$ 0,25a
CE	57,56 $\pm$ 3,62a	60,15 $\pm$ 2,52a	60,35 $\pm$ 2,82a	62,78 $\pm$ 3,98a	53,73 $\pm$ 10,25a	56,12 $\pm$ 6,37a	52,38 $\pm$ 1,38a
T	29,85 $\pm$ 0,38a	29,68 $\pm$ 0,23ab	28,79 $\pm$ 0,16c	28,01 $\pm$ 0,39c	29,96 $\pm$ 0,12a	29,86 $\pm$ 0,24a	29,88 $\pm$ 0,20a
AL	23,56 $\pm$ 1,33a	24,30 $\pm$ 4,68a	22,26 $\pm$ 2,63a	23,48 $\pm$ 1,61a	26,52 $\pm$ 1,48a	25,19 $\pm$ 1,58a	23,11 $\pm$ 1,94a
NO <sub>2</sub>	0,01 $\pm$ 0,00a	0,02 $\pm$ 0,01a	0,03 $\pm$ 0,00a	0,03 $\pm$ 0,01 <sup>a</sup>	0,02 $\pm$ 0,00a	0,02 $\pm$ 0,00a	0,02 $\pm$ 0,00a
NO <sub>3</sub>	1,21 $\pm$ 0,22a	0,95 $\pm$ 0,20a	1,32 $\pm$ 0,12a	1,16 $\pm$ 0,28 <sup>a</sup>	1,35 $\pm$ 0,31 <sup>a</sup>	1,35 $\pm$ 0,20a	1,54 $\pm$ 0,09a
NH <sub>3</sub>	0,38 $\pm$ 0,18a	0,21 $\pm$ 0,12a	0,20 $\pm$ 0,14a	0,29 $\pm$ 0,00a	0,33 $\pm$ 0,22 <sup>a</sup>	0,24 $\pm$ 0,15a	0,33 $\pm$ 0,16a
PO <sub>4</sub>	1,42 $\pm$ 0,51b	1,99 $\pm$ 0,20b	2,90 $\pm$ 0,24a	3,42 $\pm$ 0,25 <sup>a</sup>	1,32 $\pm$ 0,35b	1,47 $\pm$ 0,30b	1,41 $\pm$ 0,29b

OD: Oxigênio dissolvido (mg/L); pH: Potencial hidrogeniônico; CE: Condutividade elétrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}^2$ ); T: Temperatura da água ( $^{\circ}\text{C}$ ); AL: Alcalinidade (mg/L); NO<sub>2</sub>: Nitrito (mg/L); NO<sub>3</sub>: Nitrato (mg/L); NH<sub>3</sub>: Amônia total (mg/L); PO<sub>4</sub>: Ortofosfato (mg/L). Letras iguais são usadas para indicar médias que não diferiram estatisticamente entre si segundo a ANOVA. Nível de significância  $p<0,05$ .

#### Oxigênio

As variações nas concentrações do OD no substrato natural estão relacionadas ao incremento na densidade do substrato. Essa variável apresentou tendência inversamente proporcional ao aumento da cobertura vegetal. Vários autores registraram redução nos níveis de oxigênio nos tanques de cultivo, onde substratos foram instalados, afirmando que substratos biodegradáveis inertes e vivos (como plantas) podem reduzir a superfície de aeração e, além disso, aumentam a demanda biológica de oxigênio contribuindo para a

redução dos níveis desse gás na água dos tanques (DHARMARAJ *et al.*, 2002; JOICE *et al.*, 2002; MRIDULA *et al.*, 2003; KESHAVANATH *et al.*, 2004).

No presente estudo, as baixas concentrações de OD no tratamento com substrato natural e a redução desse gás, à medida que a densidade de macrófita aumentou, podem ser explicadas pelo consumo de oxigênio pelas plantas durante a noite e pela senescência, morte e decomposição de partes das mesmas e aumento desse efeito com a elevação da densidade desse tipo de substrato (HOWARD-WILLIAMS e JUNK, 1976). Para a maioria das espécies tropicais a concentração mínima de OD na água deve ser superior a 4,0 mg/L (TAVARES, 1994) e nossos resultados situaram-se acima de 5,0 mg/L.

Keshavanath *et al.* (2001) registraram os maiores níveis de OD em tanques com substrato artificial (PVC com média de 6,4 mg/L), valores intermediários em tanques com bambu (com média de 4,9 mg/L) e concentrações menores em tanques com bagaço de cana na densidade de 28.000 kg/ha (com média de 1,3 mg/L de O<sub>2</sub>).

Umesh *et al.* (1999) estudando o efeito da adição de bagaço de cana (4.000-5.000 kg/ha) sobre a qualidade da água de tanques de cultivo de carpa comum, registraram uma redução de OD na água do tanque (1,3 mg/L de O<sub>2</sub>) após a instalação de feixes de bagaço. Mridula *et al.* (2003) também registraram um declínio inicial em OD após a adição ao tanque experimental de substratos de bagaço de cana de açúcar e palha de arroz.

## **pH**

O pH apresentou valores inversamente proporcionais às densidades no substrato natural e tendência diretamente proporcional no artificial. De modo geral, neste estudo, o pH da água foi alcalino (7,93 – 8,93). Segundo Zaniboni Filho *et al.* (2002), juvenis de *Prochilodus lineatus* (espécie da mesma família do *Semaprochilodus* sp.) sobrevivem em pH de 4,08 a 9,84. Gangadhar e Keshavanath (2012) também registraram pH alcalino (8,39-9,82), resultando em boa produtividade no cultivo de rohu (*Labeo rohita*).

## **Condutividade elétrica**

Quanto à condutividade elétrica ( $p=0,0634$ ), nenhuma diferença significativa foi observada entre o controle e os tratamentos compostos por substrato natural e artificial. Os valores da condutividade elétrica no substrato natural apresentaram uma tendência diretamente proporcional ao aumento das densidades. Isto pode estar relacionado com o

aumento da matéria orgânica devido à decomposição de partes das macrófitas. Martins e Pitelli (2005) destacaram que o aumento da condutividade elétrica, decorre da liberação de nutrientes durante o processo de decomposição das plantas.

Segundo Tavares (1994), ao observar uma variação de 23 a 71  $\mu\text{S}/\text{cm}^2$  em viveiros de piscicultura, é possível usar estes valores como referência para avaliar a disponibilidade de nutrientes nos viveiros e regular a concentração de íons na coluna de água por meio de absorção de nutrientes. Gentelini, *et al.*, (2008) usando macrófitas aquáticas, aguapé (*Eichhornia crassipes*) e egeria (*Egeria densa*) no tratamento de efluentes na piscicultura orgânica, registraram redução na condutividade elétrica nos tratamentos com aguapé, (cerca de 2 a 4% menores que o afluente) e aumento de 0,8 a 1,7% nos tanques com egeria. O aguapé apresentou maior capacidade de absorção de íons, enquanto que o aumento na condutividade elétrica nos tanques com egeria, provavelmente foi devido à disponibilização de sais para a água em função da perda de biomassa.

## **Temperatura**

A temperatura da água dos tanques de piscicultura pode ser influenciada pela presença de substratos, que quando instalados para fixação de perifiton podem promover o sombreamento da coluna de água e, conseqüentemente, reduzir a temperatura (KESHAVANATH *et al.* 2002). Comportamento semelhante foi registrado no presente estudo, onde os valores da temperatura no substrato natural apresentaram tendência inversamente proporcional ao aumento da cobertura vegetal.

Jhingran (1991) observou que as carpas adaptam-se bem às temperaturas que oscilam entre 18,3 a 37,8 °C. Segundo Boyd (1998), os peixes crescem bem numa faixa entre 25 e 35 °C. Já os *Prochilodus* sp. têm sua faixa ideal de conforto térmico para crescimento entre 20 a 30 °C (PROENÇA e BITTENCOURT, 1994; OSTRENSKY e BOEGER, 1998). No presente estudo a temperatura se manteve entre estes limites (28,01 a 29,96 °C) e não foi observado nenhum efeito adverso desta variável sobre os índices zootécnicos do jaraqui. Contudo, altas temperaturas reduzem a capacidade de solubilidade do oxigênio na água (BOYD, 1981), o que contribui para a depleção do oxigênio nos tanques.

## Alcalinidade

A alcalinidade funciona como um sistema tampão regulador do pH da água dos viveiros. Pode influenciar o crescimento dos peixes, uma vez que afeta a disponibilidade dos nutrientes, interferindo na produtividade orgânica do sistema (VERANI, 1985). Em cultivo de peixes são desejáveis valores acima de 20 mg/L, sendo que valores de alcalinidade entre 200 e 300 mg/L podem proporcionar grande sucesso no cultivo de peixes (TAVARES, 1994).

Valores menores que 20 mg/l, geralmente pode causar altas oscilações no índice do pH, o que dificulta um bom desempenho na produção dos peixes, devido a necessidades constantes de ajustes dos animais, por meio da troca osmótica com o meio (Boyd, 1981). No presente estudo, a alcalinidade, apesar de ter sido relativamente baixa durante o período do experimento, esteve dentro dos limites aceitáveis para o cultivo de peixes (média de 24 mg/L). Segundo Roja *et al.* (2001), *Prochilodus lineatus* apresenta melhor taxa de crescimento em águas com alcalinidade em torno de 30 mg/L de CaCO<sub>3</sub>. Níveis acima de 30 mg/L indicam de maneira geral um sistema tampão eficiente evitando flutuações do pH (PROENÇA e BITTENCOURT, 1994). Em cultivo de matrinxã, foram descritos valores de alcalinidade de 13,91 a 23,97 mg/L (ROMAGOSA *et al.*, 1998) e de 19,31 a 28,00 mg/L (GOMES *et al.*, 1998).

## Nitrogênio

O nitrogênio é essencial para os organismos vivos, pois, é um importante constituinte das proteínas, incluindo o material genético. Plantas e micro-organismos convertem nitrogênio inorgânico em formas orgânicas. No meio ambiente, o nitrogênio inorgânico ocorre em uma gama de categorias de oxidação como o nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) e nitrito (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>), o íon amônia e nitrogênio molecular (N<sub>2</sub>).

## Nitrito

O nitrito (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) é um composto intermediário do processo de nitrificação, em que a amônia é oxidada por bactérias para nitrito e, em seguida, para nitrato (BOYD, 1981; WHEATON, 1982). Em peixes, o nitrito geralmente passa a ser tóxico na água quando as concentrações ultrapassam 0,5 mg/L (OSTRENSKY e BOEGER, 1998). Nestas

concentrações, este composto oxida a hemoglobina do sangue, convertendo-a em metahemoglobina, provocando a morte dos organismos por asfixia (SPOTTE, 1979; OSTRENSKY e BOEGER, 1998). A exposição dos animais a concentrações subletais de nitrito (0,3 – 0,5mg/L) pode levar à redução no crescimento e resistência a doenças. Em peixes de água doce, concentrações acima de 0,7 mg/L podem causar mortandade acentuada.

No presente estudo, de forma geral ambos os substratos apresentaram concentrações bem abaixo do limite de toxidez, compreendidos entre 0,01 a 0,03 mg/L. Num estudo de tolerância realizada com *Prochilodus lineatus*, foi demonstrado que altas concentrações de nitrito podem comprometer seriamente a funcionalidade de seus eritrócitos e a integridade das demais células (MARTINEZ e SOUZA, 2002).

### **Nitrato**

As concentrações de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) não mostraram um padrão definido de variação. O nitrato é o composto nitrogenado menos tóxico (JENSEN, 1995). São necessárias concentrações superiores ou iguais a 5,0 mg/L para tornar o nitrato letal (TAVARES, 1994).

### **Amônia**

As concentrações de amônia, no presente estudo, estiveram dentro dos padrões aceitáveis para o cultivo de peixes (Tabela 2) (KUBITZA, 1998). Níveis acima de 0,5mg/L são considerado prejudiciais no cultivo de peixes inibindo o crescimento e pode ser letal (TAVARES, 1994; KUBITZA, 2003).

### **Ortofosfato**

Quanto ao ortofosfato, concentrações maiores que 3,0 mg/L podem ser estressantes para os peixes (BHATNAGAR E DEVI, 2013). No presente estudo, apenas o tratamento com cobertura de substrato natural de 30% apresentou concentração acima do limite máximo tolerável para o cultivo de peixes. Provavelmente, este fato se deve ao aumento da densidade de substrato natural, e ao conseqüente incremento na oferta de matéria orgânica morta (partes das macrófitas) para a fauna microbiana aquática, o que intensificou a mineralização de compostos orgânicos e a liberação de íons, como o  $\text{PO}_4^-$ , para a coluna de água (HOWARD-WILLIAMS e JUNK, 1976; WETZEL, 2001).

## Variáveis biológicas

**Biomassa do perifíton**

A biomassa do perifíton não apresentou diferença estatística significativa entre os tipos e densidades de substratos (tratamentos: substrato natural X artificial, em densidades de 10, 20 e 30%) em 15 ( $p=0,0822$ ), 30 ( $p=0,9320$ ), 45 ( $p=0,7100$ ), 75 ( $p=0,1190$ ) e 120 dias de cultivo ( $p=0,6253$ ) (Tabela 3). Contudo, foram observadas diferenças significativas entre os tipos de substratos em 60 ( $p<0,0001$ ); 90 ( $p=0,0001$ ) e 105 dias ( $p=0,0033$ ), período nos quais, de modo geral, a biomassa do perifíton sobre o substrato natural nas densidades de 10, 20 e 30% foi estatisticamente superior à biomassa sobre o substrato artificial.

**Tabela 3** – Biomassa de perifíton (média  $\pm$  desvio padrão), em mg/cm<sup>2</sup>, no cultivo de jaraqui *Semaprochilodus insignis* submetido a diferentes tipos e densidades de substrato para fixação de perifíton.

Dia	Tipo de substrato					
	Natural			Artificial		
	Densidade do substrato (%)					
	10	20	30	10	20	30
15	3,55 $\pm$ 2,57a	1,40 $\pm$ 1,62 <sup>a</sup>	1,77 $\pm$ 1,43 <sup>a</sup>	0,69 $\pm$ 0,27a	0,86 $\pm$ 0,44a	1,28 $\pm$ 1,04a
30	0,72 $\pm$ 0,27a	0,33 $\pm$ 0,29 <sup>a</sup>	1,02 $\pm$ 1,32 <sup>a</sup>	0,96 $\pm$ 0,15a	0,75 $\pm$ 0,52a	0,43 $\pm$ 0,33a
45	0,88 $\pm$ 0,83a	0,45 $\pm$ 0,18 <sup>a</sup>	1,14 $\pm$ 0,91 <sup>a</sup>	0,82 $\pm$ 0,65a	0,62 $\pm$ 0,27a	0,71 $\pm$ 0,28a
60	0,95 $\pm$ 0,26a	1,12 $\pm$ 0,26 <sup>a</sup>	1,14 $\pm$ 0,25 <sup>a</sup>	0,38 $\pm$ 0,06b	0,37 $\pm$ 0,14b	0,26 $\pm$ 0,12b
75	1,12 $\pm$ 1,23a	1,66 $\pm$ 0,65 <sup>a</sup>	1,34 $\pm$ 0,41 <sup>a</sup>	1,12 $\pm$ 0,52a	0,64 $\pm$ 0,20a	0,79 $\pm$ 0,49a
90	1,47 $\pm$ 0,51ab	1,70 $\pm$ 0,25 <sup>a</sup>	1,40 $\pm$ 0,47ab	0,67 $\pm$ 0,18bc	0,77 $\pm$ 0,29ac	0,40 $\pm$ 0,21c
105	1,63 $\pm$ 0,60ab	2,92 $\pm$ 1,68 <sup>a</sup>	1,28 $\pm$ 0,29ab	0,87 $\pm$ 0,39ab	0,52 $\pm$ 0,10b	0,51 $\pm$ 0,22b
120	1,53 $\pm$ 0,49a	2,03 $\pm$ 1,66 <sup>a</sup>	1,80 $\pm$ 0,88 <sup>a</sup>	1,17 $\pm$ 0,39a	0,78 $\pm$ 0,15a	0,79 $\pm$ 0,16a
<b>Média</b>	<b>1,48<math>\pm</math>0,09a</b>	<b>1,45<math>\pm</math>0,65<sup>a</sup></b>	<b>1,36<math>\pm</math>0,59<sup>a</sup></b>	<b>0,84<math>\pm</math>0,12a</b>	<b>0,66<math>\pm</math>0,13a</b>	<b>0,65<math>\pm</math>0,06a</b>

Letras iguais são usadas para indicar valores semelhantes entre si. Segundo a ANOVA. Nível de significância  $p>0,05$ .

Durante o experimento, o substrato natural apresentou maior valor de biomassa que o substrato artificial. Observou-se, também, aumento gradativo da biomassa ao longo do período de cultivo no substrato natural. No tratamento artificial, este padrão não foi observado; a maior biomassa foi registrada na densidade de 10%. É possível que a sucessão ecológica dentro da comunidade ocorra de maneira diferenciada nos dois substratos. Novas pesquisas podem ser conduzidas no sentido de verificar os grupos de micro-organismos que se sucedem em função da área de substrato.

A biomassa do perifíton é altamente variável, dependendo particularmente do habitat, composição taxonômica, nível de fertilização e tipos de substrato (AZIM *et al.*, 2001a; AZIM *et al.*, 2004; AZIM e ASAEDA, 2005). Neste aspecto, a escolha do substrato é importante,

pois, este, precisa oferecer condições que favoreçam o estabelecimento de uma comunidade perifítica com quantidade e qualidade nutricional suficiente para suprir as necessidades dos animais cultivados (SIBBING e WITTE, 2005).

Ambos os substratos testados propiciaram fixação para o perifiton, contudo a macrófita apresentou maior biomassa. Esse fato pode estar associado à natureza e complexidade estrutural da parte radicular do substrato natural que pode ter propiciado melhor superfície de fixação para o perifiton e proporcionado melhores condições de nutriente, devido à decomposição microbiana (UMESH *et al.*, 1999).

A quantidade de biomassa do perifiton ao longo do período experimental oscilou entre 0,26 (substrato artificial) e 3,55 mg/cm<sup>2</sup> (substrato natural). As maiores médias de biomassa do perifiton foram 1,48 mg/cm<sup>2</sup> e 0,84 mg/cm<sup>2</sup>, para os substratos natural e artificial, respectivamente, ambos nos tratamentos de 10%. Estes valores foram menores que os registrados por Siqueira e Rodrigues (2009), em lâminas de garrafa pet (4,0 mg/cm<sup>2</sup> em tanques redes), por Keshavanath *et al.* (2012), para folha de coco (1,58 mg/cm<sup>2</sup>) e Anand *et al.* (2013), em bambu (média de 3,79±0,27 mg/cm<sup>2</sup>) e superiores aos registrados sobre bambu em viveiros escavados (KESHAVANATH *et al.*, 2001).

Outros tipos de substratos como: PVC (0,97 mg/cm<sup>2</sup>), vidro (0,91 mg/cm<sup>2</sup>), bambu (0,90 mg/cm<sup>2</sup>) (GANGADHAR e KESHAVANATH, 2008) e bagaço de cana (1,06 mg/cm<sup>2</sup>) (KESHAVANATH *et al.* 2012) apresentaram valores médios de biomassa perifítica inferiores aos registrados no substrato natural do presente estudo.

O tempo necessário para estabelecimento da comunidade perifítica é de poucas semanas, com amadurecimento e clímax por volta de 30 dias (POMPÊO e MOSCHINI-CARLOS, 2003). Já foram observadas proliferações densas de comunidades perifíticas após duas semanas de incubação dos substratos na água (HUCHETTE *et al.*, 2000). Lima (2009), avaliando a colonização de lâminas de vidro no período chuvoso e seco, em um igarapé, na Paraíba, observou que a abundância de algas perifíticas variou significativamente com o tempo de incubação. A densidade aumentou ao longo do experimento com menores valores nos estádios iniciais, aumento exponencial a partir do 5<sup>o</sup> dia e atingiu o pico no 22<sup>o</sup>-dia no período seco e no 9<sup>o</sup>-dia no chuvoso. No presente estudo, apesar da primeira avaliação de biomassa ter sido realizada com 30 dias de colonização, já era possível observar uma camada de perifiton bem desenvolvida sobre os painéis de tela plástica (substrato artificial) com duas semanas de incubação.

### Composição centesimal do perifíton

A composição centesimal média do perifíton coletado no decorrer do experimento nos tanques submetidos aos tratamentos com substrato natural e artificial está sumarizada na Tabela 4. Não foram observadas diferenças significativas quanto ao teor de proteína ( $p=0,33$ ), de lipídios ( $p=0,93$ ), de cinza ( $p=0,91$ ), de carboidratos ( $p=0,87$ ) e valor calórico total ( $p=0,77$ ) nos tratamentos natural e artificial e entre si.

**Tabela 4** – Composição centesimal do perifíton coletado nos substratos usados no cultivo de jaraqui *Semaprochilodus insignis*.

Variáveis	Substrato					
	Natural			Artificial		
	Densidade do substrato (%)					
	10	20	30	10	20	30
<b>Proteínas (%)</b>	26,54±5,73a	30,25±2,05a	29,11±0,27a	29,17±0,33a	28,89±0,17a	31,50±0,14a
<b>Lipídios (%)</b>	5,70±1,50a	6,88±7,90a	6,41±0,23a	4,15±0,22a	3,92±0,35a	4,12±0,42a
<b>Cinza (%)</b>	49,97±9,99a	48,46±2,07a	50,18±0,26a	47,18±0,12a	47,29±0,33a	47,11±0,37a
<b>Carboidratos(%)</b>	17,79±13,43a	14,41±7,95a	14,30±0,23a	19,50±0,46a	19,90±0,65a	17,27±0,80a
<b>EB</b>	228,62±10,88a	240,54±63,06a	231,33±1,40a	232,03±2,61a	228,80±2,90a	241,11±4,09a

EB: Energia bruta (kcal/100g). Letras iguais são usadas para indicar médias que não diferiram estatisticamente entre si segundo a ANOVA. Nível de significância  $p<0,05$ .

O perifíton é uma importante fonte alimentar para as cadeias tróficas aquáticas. Rico em proteínas, vitaminas e sais minerais, esta comunidade representa um recurso essencial para alguns peixes de importância econômica, como o bocachico (*Prochilodus magdalenae*), que raspa o perifíton associado às superfícies de plantas. Outras espécies como o *Pseudoancistrus* sp. e o *Ancistrus* sp., raspam os substratos rochosos. Alguns peixes também foram observados alimentando-se do perifíton aderido a substratos artificiais, como a tainha (*Mugil* sp.), tilápia (*Oreochromis* sp.) e acará (*Geophagus* sp.) (PÉREZ, 1992).

Da mesma forma que a biomassa, a qualidade nutricional do perifíton pode ser muito variável, dependendo da composição taxonômica, tipo de substrato, ecossistema, adubação e pressão de predação (MONTGOMERY e GERKING 1980, AZIM *et al.*, 2003a). Apesar da importância da composição centesimal do perifíton na piscicultura, poucas informações estão disponíveis. Os poucos estudos existentes foram desenvolvidos na Ásia e têm evidenciado uma grande variação do conteúdo nutricional em relação à pressão de pastagem, ao tipo de substrato, e, eventualmente, entre os mesmos substratos.

## Proteínas

Azim *et al.* (2002a) avaliaram a composição nutricional do perifiton em três substratos (naturais inertes) e registraram maior conteúdo de proteína na vara (32%) e brotos de bambu (30%) e menor na juta (13%). Azim (2001) registrou valor pouco menor de proteína bruta na vara de bambu (27,19%). Hepher (1988) avaliou a composição nutricional da matéria seca de algas planctônicas em viveiros de piscicultura e registrou valores de proteínas entre 18 e 35%. Ledger e Azim (2001) registraram conteúdo proteico de 14,63% para galhos de hizol, de 18,74% para brotos de bambu e 12,69% para juta. Azim *et al.* (2003a) obtiveram uma proporção de 17 e 14% de proteína para lâmina de vidro em experimento sem e com peixes, respectivamente. Nielsen *et al.* (1997) registraram valores de 58% de proteína no biofilme coletado em biofiltros instalados em sistema de reciclagem de água.

As exigências de proteína para peixes de água doce oscilam de 25 a 35% dependendo da idade (ASHRAF e FAIRGRIEVE 1998; KESHAVANATH *et al.* 2002). Os níveis de proteína registrados no presente estudo oscilaram entre 26 e 31%, os quais se assemelham a alguns alimentos de plantas naturais que têm sido usados na aquicultura (HEPHER 1988; YAKUPITIAGE, 1993; DEMPSTER *et al.* 1995). Estudos, realizados com espécies de alevinos de *Prochilodus* (curimatá: *Prochilodus afins*; coporo: *Prochilodus mariae*) indicam que o uso de ração com teor proteico entre 26% e 35% PB são ideais para um bom desempenho zootécnico dos animais (BOMFIM *et al.*, 2005; VISBALT, *et al.*, 2013). Estes valores estão dentro dos limites registrados para o conteúdo proteico do perifiton no presente estudo, indicando que, este representa uma boa fonte de alimento natural para estes peixes.

## Lipídios

Quanto aos níveis de lipídios no perifiton no presente estudo, variaram de 5,70 -6,88% no substrato natural e de 3,93 - 4,15% no artificial. Hepher (1988) registrou 7 -10% de conteúdo de lipídios em algas planctônicas coletadas em viveiros de piscicultura. Azim *et al.* (2002a) registraram teores lipídicos de 5,43% para o hizol, 0,35% para broto de bambu e 2,75% para juta.

## **Cinza**

Os teores de cinza menores de 30% na dieta podem ser considerados aceitáveis para peixes herbívoros (Yakupitiage, 1993). Azim (2001) registrou uma proporção de 29% de cinzas no perifiton coletado na vara de bambu, 41% no hizol, 29% no broto de bambu e 31% na vara de juta. Hephher (1988) registrou de 27-48% de cinzas em algas planctônicas coletadas em viveiros de piscicultura. No presente estudo, os teores de cinza foram superiores oscilando de 48-50% no substrato natural, e com cerca de 47%, no substrato artificial. Segundo Gangadhar e keshavanath (2012), valores elevados do conteúdo de cinza podem ocorrer devido à captura de partículas em suspensão pela comunidade perifítica.

## **Carboidratos**

Montgomery e Gerking (1980) avaliaram o conteúdo de carboidrato em algas perifíticas desenvolvidas em pedregulhos de granito e registraram valores oscilando entre 52 a 60% da matéria seca. Ledger e Hildrew (1998) registraram teores de carboidratos oscilando entre 29 a 33% no perifiton desenvolvidas em pedras. Nielsen *et al.* (1997) avaliaram a composição nutricional do biofilme aderido em filtro de resirculação de água e descobriram que as substâncias poliméricas extra-celulares são responsáveis por 50-80% do total de matéria orgânica, portanto grande quantidade de carboidrato, o que justificaria as altas proporções de carboidratos no perifiton. Contudo, no presente estudo, as proporções de carboidratos foram muito baixas (14-17% da matéria seca, no substrato natural, e entre 17 e 19%, no substrato artificial). Provavelmente, devido aos tipos de substratos utilizados.

## **Energia bruta**

O teor de energia bruta (EB) alcançou valores compreendidos entre 228 e 240 kcal/100g, para o substrato natural, e entre 228 e 241 kcal/100g, para o substrato artificial. Estes valores foram inferiores aos registrados no perifiton associado à vara (454 kcal/100g) e broto de bambu (454 kcal/100g) e à juta (330 kcal/100g) (AZIM *et al.*, 2002a).

### Composição taxonômica do perifiton

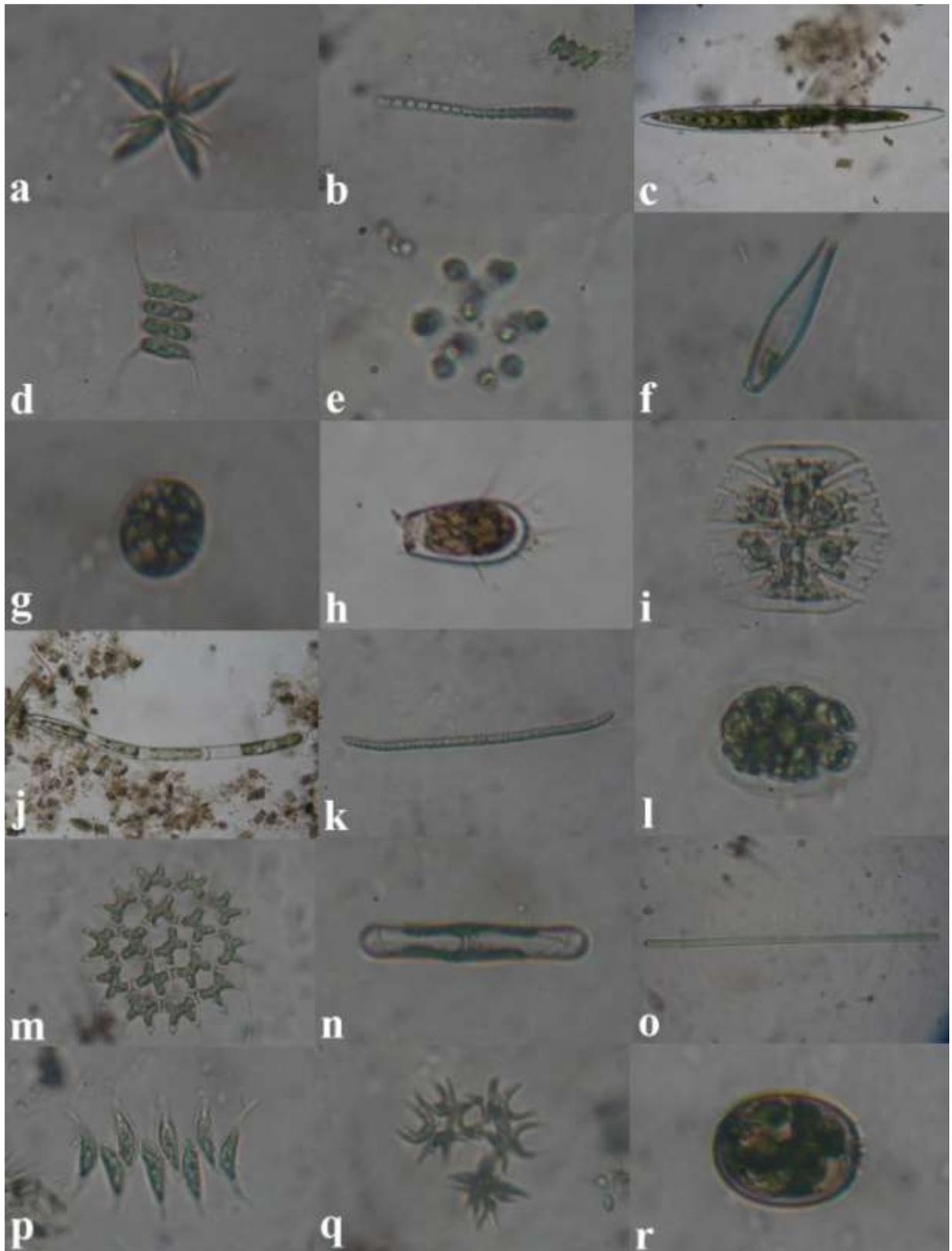
A maioria dos táxons registrados no presente estudo é amplamente distribuída na região amazônica (MELO *et al.*, 2004; MELO *et al.*, 2005). No tratamento com substrato natural foram identificados 28 gêneros de microalgas presentes na comunidade do perifiton, dos quais 16 (57,1%) pertencem à divisão Chlorophyta; cinco (17,9%) à Heterokontophyta; quatro (14,3%) à Cyanophyta e três (10,7%) à Euglenophyta. No tratamento constituído pelo substrato artificial foram encontrados 20 gêneros, dos quais 13 (65%) pertencem à divisão Chlorophyta; três (15%) à Cyanophyta; três (15%) à Euglenophyta e um (5%) à Heterokontophyta (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**5 e Figura 8). O substrato natural apresentou oito táxons exclusivos.

**Tabela 5** – Composição taxonômica do perifiton identificados nos substratos natural (macrófitas) e artificial (tela plástica) utilizados no cultivo de jaraqui, *Semaprochilodus insignis*.

Divisão	Gênero	Substrato	
		Natural	Artificial
<b>CHLOROPHYTA</b>	<i>Actinotaenium</i> (Nägeli) Teiling	X	-
	<i>Actinastrum</i> Lagerheim	X	X
	<i>Ankistrodesmus</i> Corda	X	X
	<i>Coelastrum</i> Nägeli in Kützing	X	X
	<i>Cosmarium</i> Corda ex Ralfs	X	-
	<i>Closterium</i> Nitzsch ex Ralfs	X	X
	<i>Desmodesmus</i> An, Friedl & Hegewald	X	X
	<i>Dictyosphaerium</i> Nägeli	X	X
	<i>Eudorina</i> Ehrenber	X	X
	<i>Micrasterias</i> C. Agarth ex Ralfs	X	X
	<i>Oedogonium</i> Link ex Hirn	X	X
	<i>Pandorina</i> Bory de St. Vincent	X	X
	<i>Pediastrum</i> Meyen	X	-
	<i>Scenedesmus</i> Meyen	X	X
	<i>Selenastrum</i> Reinsch	X	X
<i>Staurastrum</i> Meyen ex Ralfs	X	X	
<b>CYANOPHYTA</b>	<i>Anabaena</i> Bory ex Bornet & Flahaut	X	X
	<i>Microcystis</i> Kützing ex Lemmermann	X	X
	<i>Oscillatoria</i> cf. <i>Vaucher</i> ex Gomont	X	X
	<i>Planktothrix</i> cf. <i>Anagnostides</i> & Komárek	X	-
<b>EUGLENOPHYTA</b>	<i>Lepocinclis</i> Perty, nom. Cons.	X	X
	<i>Phacus</i> Dyardin, nom. Cons.	X	X
	<i>Trachelomonas</i> cf. <i>Ehrenberg</i> emend. Defladre	X	X
<b>HETEROKONTOPHYTA (Bacillariophyceae)</b>	<i>Gomphonema</i> Ehrenberg	X	X
	<i>Pinnularia</i> Ehrenber	X	-
	<i>Surirella</i> Turpin	X	-
<b>HETEROKONTOPHYTA (Chrysophyceae)</b>	<i>Synedra</i> cf. <i>Ehrenberg</i>	X	-
	<i>Mallomonas</i> cf. Perty	X	-

O "x" indica presença do gênero nas amostras coletadas e "-" indica ausência.

Quanto à riqueza dos gêneros de microalgas identificadas no perifiton, não foi observada diferença estatística significativa entre os tratamentos em que se utilizou substrato natural e substrato artificial ( $p=0,7026$ ).



**Figura 8** - Gêneros de fitoplâncton encontrados nos substratos natural (*Pistia stratiotes*) e artificial (tela plástica): a= *Actinastrum*; b= *Anabaena*; c= *Closterium*; d= *Desmodesmus*; e= *Dictyosphaerium*; f= *Gomphonema*; g= *Lepocincles*; h= *Mallomonas*; i= *Micrasterias*; j= *Oedogonium*; k= *Oscillatoria*; l= *Pandorina*; m= *Pediastrum*; n= *Pinnularia*; o= *Planktothrix*; p= *Scenedesmus*; q= *Senastrum*; r= *Trachelomonas*. Fonte: Rimachi, 2014

Gangadhar e Keshavanath (2008) avaliaram a composição e a densidade da comunidade perifítica aderida a diferentes substratos (degradável: bambu, bagaço de cana, folha de palmeira, palha de arroz e folha de areca nut (*Areca catechu*); não degradável: telha de porcelana, telha de barro, tubo de PVC, borracha de pneu e lâmina de vidro), utilizados na piscicultura Indiana e encontraram uma maior representatividade de algas, quando comparado à comunidade zooplanctônica. As classes de algas mais frequentes foram Chlorophyceae (14 gêneros), seguida por Cyanophyceae (dois gêneros), Chrysophyceae (um gênero), Bacillariophyceae (um gênero) e Dinophyceae (um gênero).

Esses autores observaram que a comunidade perifítica encontrada no bambu foi representada principalmente pela classe das Bacillariophyceae, enquanto que a de Dinophyceae apresentou menor riqueza/área. Por outro lado, em todos os outros substratos exceto a telha de porcelana, as espécies de Chlorophyceae foram as mais abundantes, enquanto que, as de Dinophyceae foram menos abundantes.

No presente estudo, a comunidade perifítica também foi dominada por algas, contudo apresentou maior riqueza de gêneros que o registrado por Gangadhar e Keshavanath (2008) (19 gêneros). Por outro lado, Azim *et al.* (2002a) avaliaram a composição taxonômica do perifiton associado a estacas de bambu e registraram 50 gêneros de algas. Destes, 12 pertenciam à classe Bacillariophyceae, 24 à Chlorophyceae, oito à Cyanophyceae, quatro à Euglenophyceae e dois à Rhodophyceae. Chlorophyceae foi a classe dominante seguida por Bacillariophyceae, Cyanophyceae e Euglenophyceae.

Uddin *et al.* (2007) registraram composição taxonômica semelhante para o bambu utilizado como substrato no policultivo de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) e camarão de água doce (*Macrobrachium rosenbergii*).

Já, em águas estuarinas, Khatoon *et al.* (2007) registraram menor riqueza de classes de algas no perifiton fixado a vários tipos de substratos (bambu, PVC, lâmina de plástico e telha de cerâmica) usados para cultivo de camarão. Apenas três classes de algas foram registradas: Bacillariophyceae com oito gêneros, Chlorophyceae com sete, Cyanophyceae com quatro. O perifiton associado ao PVC apresentou menor riqueza, 15 gêneros e a telha de cerâmica a maior, com 18. Estes autores observaram riqueza de 17 gêneros para o substrato bambu, valor bem menor que os obtidos por Azim *et al.* (2002a; 2002b) para este mesmo substrato em ambientes de água doce.

Apesar de não ter sido observada diferença significativa entre a composição da comunidade perifítica nos dois substratos, o substrato natural apresentou maior riqueza (28 gêneros), quando comparado ao substrato artificial (20 gêneros). Em geral, Azim *et al.*

(2002b) não observaram diferenças significativas na riqueza de algas perifíticas entre os substratos bambu e galhos de árvores de hizol (*Barringtonia* sp.). Em média, foram identificados 60 gêneros de algas perifíticas no bambu e 57 no hizol.

Por outro lado, Santos (2012), em estudo de colonização de substratos, registrou 180 táxons de algas perifíticas na macrófita *Utricularia foliosa* (substrato natural: caule e folha modificada) e em fios de náilon (substrato artificial quimicamente inerte) incubados em um lago. Destes, 125 táxons foram identificados sobre o substrato artificial, sendo 133 no caule e 149 na folha modificada da macrófita *Utricularia foliosa*.

Segundo o autor esses táxons foram distribuídos nas seguintes classes de algas: Bacillariophyceae (23 táxons), Chlorophyceae (66 táxons), Chrysophyceae (nove táxons), Craspedomonadophyceae (um táxon), Cryptophyceae (dois táxons), Cyanophyceae (15 táxons), Dinophyceae (um táxon), Euglenophyceae (11 táxons), Oedogoniophyceae (dois táxons), Xanthophyceae (três táxons) e Zygnemaphyceae (47 táxons). O substrato artificial apresentou 11 táxons exclusivos e os substratos naturais 54, sendo 12 exclusivos do caule, 28 da folha modificada e 14 compartilhados entre caule e folha.

Lima (2009), avaliando a colonização de lâminas de vidro no período chuvoso e seco, em um igarapé, na Paraíba, observou que a classe das diatomáceas foi a mais representativa em ambos os períodos, contribuindo em média com 41,8% (seca) e 84,8% (chuva) da comunidade durante a sucessão, seguidas por Oedogonofíceas no período seco (38,3%) e Cianobactérias no chuvoso (8,2%).

Desempenho zootécnico: Comprimento, peso, ganho de biomassa, táxons de crescimento específico, táxons de incremento em peso e fator de condição

### **Variação do crescimento em comprimento e peso do jaraqui (*Semaprochilodus insignis*)**

Quanto ao comprimento padrão, não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos na biometria inicial ( $p=0,3580$ ), confirmando a homogeneidade do lote recebido. O mesmo ocorreu ao final de 90 ( $p=0,1845$ ) e 120 ( $p=0,2740$ ) dias de cultivo (Tabela 6).

**Tabela 6** – Comprimento padrão (cm) (média  $\pm$  desvio padrão e coeficiente de variação (%)) do jaraqui *Semaprochilodus insignis* ao longo de quatro meses de cultivo submetido a diferentes tipos e densidades de

Dia	Controle	Substrato					
		Natural			Artificial		
		Densidade do substrato (%)					
		10	20	30	10	20	30
00	4,25 $\pm$ 0,09a (2,19%)	4,26 $\pm$ 0,16a (3,71%)	4,18 $\pm$ 0,11a (2,54%)	4,24 $\pm$ 0,07a (1,58%)	4,15 $\pm$ 0,10a (2,38%)	4,24 $\pm$ 0,12a (2,76%)	4,15 $\pm$ 0,09a (2,10%)
30	7,24 $\pm$ 0,66ab (9,12%)	6,71 $\pm$ 0,63ac (9,37%)	5,94 $\pm$ 0,53bc (8,95%)	5,42 $\pm$ 0,49c (9,10%)	7,75 $\pm$ 0,60a (7,71%)	7,25 $\pm$ 0,52ab (7,12%)	7,20 $\pm$ 0,77ab (10,70%)
60	8,75 $\pm$ 0,85a (9,69%)	8,31 $\pm$ 0,33a (3,92%)	7,38 $\pm$ 0,88ab (11,98%)	6,51 $\pm$ 0,24b (3,76%)	8,98 $\pm$ 0,47a (5,28%)	8,71 $\pm$ 0,51a (5,83%)	8,63 $\pm$ 0,48a (5,54%)
90	9,55 $\pm$ 0,80a (8,40%)	9,59 $\pm$ 0,17a (1,77%)	9,76 $\pm$ 1,49a (15,29%)	8,06 $\pm$ 0,29a (3,66%)	9,86 $\pm$ 0,37a (3,80%)	9,58 $\pm$ 0,25a (2,64%)	9,39 $\pm$ 0,50a (5,35%)
120	9,84 $\pm$ 0,68a (6,92%)	9,82 $\pm$ 0,13a (1,30%)	10,95 $\pm$ 1,62a (14,83%)	9,22 $\pm$ 0,54a (5,80%)	10,46 $\pm$ 0,65a (6,22%)	10,14 $\pm$ 0,54a (5,35%)	9,80 $\pm$ 0,74a (7,52%)

substrato para fixação de perifiton.

Letras iguais são usadas para indicar médias que não diferiram estatisticamente entre si segundo a ANOVA. Nível de significância  $p < 0,05$ .

No tratamento artificial, o comprimento padrão apresentou tendência inversamente proporcional ao incremento na densidade de substrato. Já, no substrato natural, esta tendência é observada até os 60 dias de cultivo.

Quanto ao peso total obtido na biometria inicial, não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos ( $p=0,8040$ ), confirmando a homogeneidade do lote recebido. O mesmo ocorreu ao final de 90 ( $p=0,4760$ ) e 120 ( $p=0,1811$ ) dias de cultivo (Tabela 7).

**Tabela 7** – Peso total (g) (média  $\pm$  desvio padrão e coeficiente de variação (%)) do jaraqui *Semaprochilodus insignis* ao longo dos quatro meses de cultivo submetido a diferentes tipos e densidades de substrato para fixação de perifiton.

Dia	Controle	Substrato					
		Natural			Artificial		
		Densidade do substrato (%)					
		10	20	30	10	20	30
00	1,69 $\pm$ 0,08a (4,45%)	1,59 $\pm$ 0,35a (22,31%)	1,54 $\pm$ 0,08a (5,50%)	1,48 $\pm$ 0,13a (8,49%)	1,48 $\pm$ 0,26a (17,85%)	1,60 $\pm$ 0,26a (15,99%)	1,46 $\pm$ 0,21a (14,43%)
30	9,23 $\pm$ 2,22ab (24,10%)	7,14 $\pm$ 1,85ac (25,90%)	4,95 $\pm$ 1,40bc (28,25%)	3,65 $\pm$ 0,99c (27,02%)	11,60 $\pm$ 1,84a (15,86%)	9,18 $\pm$ 2,39ac (26,07%)	9,08 $\pm$ 2,71ac (29,82%)
60	16,45 $\pm$ 4,45a (27,08%)	12,85 $\pm$ 2,13ac (16,57%)	9,20 $\pm$ 2,94bc (31,90%)	6,52 $\pm$ 1,08c (16,57%)	15,76 $\pm$ 0,15a (0,96%)	14,65 $\pm$ 1,12ab (7,61%)	14,56 $\pm$ 1,44ab (9,91%)
90	19,03 $\pm$ 4,85a (25,50%)	16,99 $\pm$ 1,16a (6,83%)	19,17 $\pm$ 7,01a (36,54%)	12,67 $\pm$ 1,73a (13,67%)	19,13 $\pm$ 2,23a (11,64%)	19,47 $\pm$ 2,46a (12,61%)	18,02 $\pm$ 3,19a (17,68%)
120	21,89 $\pm$ 4,65a (21,25%)	17,94 $\pm$ 1,50a (8,34%)	29,26 $\pm$ 10,1a (34,62%)	17,82 $\pm$ 4,27a (23,94%)	24,64 $\pm$ 4,08a (16,56%)	23,86 $\pm$ 3,84a (16,09%)	20,82 $\pm$ 4,55a (21,86%)

Letras iguais são usadas para indicar médias que não diferiram estatisticamente entre si segundo a ANOVA. Nível de significância  $p < 0,05$ .

No substrato natural, aos 30 dias de cultivo, os tratamentos com densidades de 20 e 30% apresentaram menor peso corporal em relação aos demais tratamentos ( $p=0,0003$ ). O mesmo padrão se manteve com 60 dias de cultivo ( $p<0,0001$ ). A partir de então, o peso corporal dos peixes aumentou, nesses tratamentos.

Na maioria dos casos, após a biometria inicial, observa-se tendência à redução do peso total médio à medida que aumenta a densidade do substrato. Contudo, esse padrão não foi observado no tratamento com substrato natural com 90 e 120 dias de cultivo e no tratamento artificial aos 90 dias de cultivo. Ao final do experimento, a densidade de 10% e 20% do substrato artificial e 20% do substrato natural apresentaram melhores valores médios de massa corporal.

Apesar dos peixes do controle apresentarem crescimento numérico inferior ao que foi registrado nos outros tratamentos (substrato natural 20% e substrato artificial 10% e 20%), alcançaram ganho de peso e comprimento próximos aos mesmos. Este fato deve estar relacionado ao uso de tanques de alvenaria que favoreceram a fixação do perifiton em suas paredes que se comportaram como um substrato rígido e áspero que deve ter favorecido o processo de raspagem e consumo do perifiton pelos peixes. Visto que no final do experimento, foram observadas áreas raspadas nas paredes de todas as unidades experimentais, evidenciando esse comportamento.

No presente estudo, os peixes apresentaram um crescimento em comprimento de 6 cm e, em peso de 24 g, num período de quatro meses em tanques de alvenaria (área 46 m<sup>2</sup>; na densidade de um peixe/m<sup>2</sup>). Resende *et al.* (1985) avaliaram o potencial de crescimento do Jaraqui (*Semaprochilodus* spp.) em viveiro de barragem (área 6.000 m<sup>2</sup>; na densidade de um peixe/m<sup>2</sup>) consorciado com suínos e com duração de 386 dias. Sob estas condições, estes autores observaram um crescimento em comprimento e peso de 10 cm e 118,6 g, respectivamente.

### **Sobrevivência, ganho de biomassa, taxa de crescimento específico, taxa de incremento em peso e fator de condição do jaraqui (*Semaprochilodus insignis*)**

#### **Sobrevivência (S)**

A sobrevivência dos peixes nos tratamentos natural e artificial foi estatisticamente diferente ( $p=0,0006$ ). Este resultado está associado aos menores níveis de oxigênio registrados para os tratamentos com substrato natural, o que influenciou a mortalidade do

jaraqui, principalmente, a observada no tratamento com 30% de substrato natural. Já, no tratamento com substrato artificial observou-se maior sobrevivência sem diferenças estatísticas entre as densidades. Resende *et al.* (1985) obtiveram 100% de sobrevivência do Jaraqui (*Semaprochilodus* spp.) criados em condições seminaturais (viveiro de barragem). Gangadhar e keshavanath (2012), estudando o efeito da densidade do substrato bagaço de cana (0; 1,5; 2,0; 2,5 e 3,0 ton/ha) sobre a produção do rohu (*Labeo rohita*) registraram uma sobrevivência de 80%.

**Tabela 8** – Desempenho zootécnico (média  $\pm$  desvio padrão e percentual do coeficiente de variação (%)) do cultivo de jaraqui *Semaprochilodus insignis* submetido a diferentes tipos e densidades de substrato para fixação de perifíton durante quatro meses.

Variáveis	Controle	Substrato					
		Natural			Artificial		
		Densidade do substrato (%)					
		10	20	30	10	20	30
<b>S</b>	93,5 $\pm$ 2,2a (2,33%)	89,9 $\pm$ 2,5ab (2,79%)	90,6 $\pm$ 1,3a (1,39%)	84,1 $\pm$ 1,3b (1,49%)	94,2 $\pm$ 1,3a (1,33%)	92,7 $\pm$ 4,5a (4,88%)	92,7 $\pm$ 1,3a (1,35%)
<b>GB</b>	866,75 $\pm$ 48,5a (25,73%)	668 $\pm$ 15,4a (10,57%)	1152,3 $\pm$ 94,6a (37,77%)	619,22 $\pm$ 34,8 <sup>a</sup> (25,82%)	998,57 $\pm$ 35,6a (16,38%)	939,08 $\pm$ 24,0a (11,78%)	819,72 $\pm$ 39,1a (21,95%)
<b>TCE</b>	2,0 $\pm$ 0,2a (10,77%)	1,9 $\pm$ 0,2a (12,01%)	2,3 $\pm$ 0,3a (14,23%)	1,9 $\pm$ 0,3 <sup>a</sup> (13,27%)	2,3 $\pm$ 0,2a (6,92%)	2,2 $\pm$ 0,1a (2,66%)	2,1 $\pm$ 0,2a (8,56%)
<b>TIP</b>	91,1 $\pm$ 2,1a (2,35%)	90,0 $\pm$ 3,0a (3,30%)	93,6 $\pm$ 2,7a (2,91%)	89,6 $\pm$ 3,3 <sup>a</sup> (3,68%)	93,6 $\pm$ 1,3a (1,35%)	92,7 $\pm$ 0,5a (0,56%)	92,3 $\pm$ 1,7a (1,84%)
<b>K</b>	2,3 $\pm$ 0,2a (9,43%)	1,9 $\pm$ 0,1a (5,75%)	2,2 $\pm$ 0,2a (11,40%)	2,2 $\pm$ 0,2 <sup>a</sup> (7,20%)	2,1 $\pm$ 0,1a (3,17%)	2,3 $\pm$ 0,0a (0,67%)	2,2 $\pm$ 0,1a (5,98%)

S: Taxa de sobrevivência (%); GB: Ganho de biomassa (g/46m<sup>2</sup>); K: Fator de condição; TCE: Taxa de crescimento específico; TIP: Taxa de incremento em peso; Letras iguais são usadas para indicar médias que não diferiram estatisticamente entre si segundo a ANOVA ( $p < 0,05$ ).

O jaraqui apresentou maior sobrevivência no substrato artificial na densidade de 10% (94,2%) e a menor no substrato natural na densidade de 30% (84,1%).

### Ganho de biomassa (GB)

Não foi observada diferença estatística significativa no ganho de biomassa entre os tipos e as densidades de substratos ( $p = 0,1245$ ). Entretanto, os maiores valores de biomassa do jaraqui foram registrados nos tratamentos de 20% natural e 10% artificial (25,05 e 21,70 g/m<sup>2</sup>, respectivamente). No controle, a produtividade foi de 18,84 g/m<sup>2</sup>, ainda superior ao menor valor registrado: o da densidade de 30% no substrato natural (13,46 g/m<sup>2</sup>).

No tratamento artificial, o ganho de biomassa apresentou tendência inversamente proporcional ao aumento da densidade do substrato (Tabela 8).

A produtividade do jaraqui no tratamento com substrato natural na densidade de 20% foi 25% superior a do controle, enquanto que no substrato artificial, nas densidades de 10% e 20%, as produtividades foram de 13% e 7%, respectivamente, maiores que o controle.

A aparente baixa produção do jaraqui (*Semaprochilodus insignis*) apresentada neste estudo, ao final de quatro meses pode estar relacionada aos tipos e às baixas densidades dos substratos utilizados. Apesar dos substratos utilizados terem sido eficientes na colonização do perifíton, a flexibilidade do material dificultou a raspagem da camada perifítica pelos peixes.

Segundo Milstein *et al.* (2013) o uso de substratos rígidos, com superfície áspera e com cor branca, podem ser mais eficientes, pois, facilita a raspagem e, conseqüentemente, a captura do alimento. Nesse tipo de substrato a proliferação do perifíton foi considerada eficiente. Seguem os autores sugerindo que a densidade ideal de substrato nos viveiros deve ser equivalente a 40 - 50% da área do viveiro, pois reduz a quantidade de ração em 30 - 40%.

Gangadhar e Keshavanath (2012), estudando o efeito da densidade do substrato (0; 1,5; 2,0; 2,5 e 3,0 ton/ha) sobre a produção do rohu (*Labeo rohita*), registraram melhor produtividade com uso de 2,0 ton/ha de bagaço de cana como substrato para fixação de perifíton, em tanque de cimento com o fundo de terra. Nessa condição, a produtividade do rohu atingiu 6.323,2 kg/ha/ano, equivalente a 526,93 kg/ha/mês. Observaram ainda, um acréscimo de aproximadamente 50% entre os tratamentos sem substrato e o de maior densidade.

A maioria das espécies de peixe verdadeiramente herbívoras se alimenta de algas bênticas, epilíticas ou perifíticas maiores, em vez de fitoplâncton (HORN, 1989). Estudos realizados na Ásia têm mostrado que, a produção da aquicultura em viveiros que dispõem de substratos para fixação do perifíton é maior do que em viveiros sem substratos (AZIM, 2001; VAN DAM *et al.*, 2002). Hem e Avit (1994) compararam três cercados; um sem substrato, um com uma “acácia” de 100m<sup>2</sup> de uma macrófita flutuante, *Echinochloa pyramidalis*, e uma com uma “acácia” tradicional de 100m<sup>2</sup> feita de galhos de árvores comuns. Após 12 meses, uma biomassa total de tilápia (*Sarotherodon melanotheron*) de 11,7; 18,2 e 80,5 kg, respectivamente, foi colhida dos três cercados.

Neste estudo a maior produtividade do jaraqui foi de 250 kg/ha obtida num ciclo de quatro meses. Resende *et al.* (1985) apresentaram ganho de biomassa de 711,6 kg/0,6h/ano, equivalente a uma produtividade de 1.267 kg/ha/ano. Possivelmente a diferença entre os desempenhos zootécnicos está associada às diferenças nas condições de cultivo, aos diferentes tamanhos dos ciclos e às fases de crescimento analisadas. Enquanto o nosso estudo foi realizado em tanques de alvenaria de 46m<sup>2</sup> e profundidade média de 0,7m, o de Resende *et al.*

(1985) foi realizado em condições seminaturais, o que, dentre outros fatores, pode ter disponibilizado maiores fontes alimentares para os peixes. Em função de todas as discrepâncias encontradas entre esses dois estudos deduz-se serem inviáveis comparações diretas entre os mesmos.

A produtividade encontrada por Resende *et al.* (1985) de 1.267 kg/ha/ano, em termos de peixes iliófagos, pode ser considerada elevada em relação às obtidas por outros autores, que trabalharam com espécies de hábitos alimentares semelhantes. Lovshin *et al.* (1980), ao trabalharem com curimatã comum, *Prochilodus cearenses*, no Ceará, na densidade de 1 peixe/m<sup>2</sup>, obtiveram produção de 337 kg/ha em 6 meses. Em período semelhante o jaraqui mostrou produção de 886 kg/ha, valor 2,5 vezes superior ao do curimatã comum.

Os mesmos autores, trabalhando com curimatã pacu, *Prochilodus argenteus*, obtiveram produção de 958 kg/ha/ano. A produção de jaraqui por Resende *et al.* (1985) em período semelhante foi 1,3 vezes superior. Dados obtidos no cultivo de “bocachico”, *Prochilodus reticulatus*, na Colômbia (FAO, 1975) mostraram produção máxima de 322 kg/ha/ano, em densidade de estocagem de um peixe/m<sup>2</sup>.

### **Taxa de crescimento específico (TCE)**

A taxa de crescimento específico ( $p=0,1560$ ), não apresentou diferença significativa entre os tratamentos, indicando que não houve a influência da densidade dos substratos natural e artificial. No tratamento artificial, esta variável apresentou tendência inversamente proporcional ao aumento da densidade do substrato. Nos substratos natural e artificial os peixes cultivados na densidade de 20% e 10% apresentaram maior taxa de crescimento específico, o que poderia indicar que o ótimo de proteína se encontra entre 30 e 29%, respectivamente.

Gangadhar e Keshavanath (2012), registraram uma taxa de crescimento específico de 2,7 % estudando o efeito da densidade de bagaço de cana (0; 1,5; 2,0; 2,5 e 3,0 ton/ha) na produção do rohu (*Labeo rohita*). Essa taxa foi obtida com uso da melhor produtividade (2,0 ton/ha) em tanque de cimento com o fundo de terra.

### **Taxa de incremento em peso (TIP)**

A taxa de incremento em peso ( $p=0,2510$ ) não apresentou diferença significativa entre os tratamentos, indicando que não houve a influência da densidade dos substratos natural e

artificial. No tratamento artificial esta variável apresentou tendência inversamente proporcional ao aumento da densidade do substrato. No substrato natural, os peixes cultivados sobre a densidade de 20% apresentaram maior taxa de incremento em peso (Tabela 8).

### **Fator de condição (K)**

O fator de condição (k) ( $p=0,2372$ ) reflete as condições fisiológicas dos peixes. No presente estudo, este índice não apresentou diferença significativa entre os tratamentos ( $p<0,05$ ), variando de 1,9 a 2,3 (Tabela 8). Os valores mais elevados ocorreram no controle e substrato artificial 20%. Estes valores (0,95 a 1,13) foram superiores aos obtidos no cultivo desta mesma espécie, em condições seminaturais (RESENDE *et al.*, 1985).

#### 4 CONCLUSÕES

- O jaraqui de escama grossa (*Semaprochilodus insignis*) apresenta melhor desempenho zootécnico na densidade de 20% da área do tanque com substrato natural (*Pistia stratiotes*) em ciclo de quatro meses.
- O jaraqui de escama grossa (*Semaprochilodus insignis*) apresenta melhor desempenho zootécnico no substrato natural do que no substrato artificial.
- O substrato natural apresenta maior riqueza perifítica (28 gêneros) que o artificial (20 gêneros).
- O substrato natural (*Pistia stratiotes*) apresentou maior média em biomassa ( $1,48 \pm 0,09$  mg/cm<sup>2</sup>) que o artificial (tela plástica) ( $0,84 \pm 0,12$  mg/cm<sup>2</sup>).
- Os tipos e densidades de substratos testados não influenciaram na qualidade da água. Isto reforça a ideia de que o substrato natural foi adequado na manutenção do oxigênio, ao contrário do que se esperava.

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O cultivo do jaraqui de escama grossa em tanques de alvenaria, com adição de substratos para a fixação do perifiton é uma atividade promissora, a qual recomendamos como recurso primordial para a manutenção da aquicultura de subsistência, praticada em regiões com abundância em água doce e diversidade de espécies, como a Amazônia. Sugere-se, no entanto, o aprofundamento deste estudo e de sistemas de cultivo, que permitam utilizar novos tipos de substratos existentes na região, aproveitando melhor o potencial florístico e tecnológico regional.

## 6 REFERÊNCIAS

- ANAND, P. S. Effect of dietary supplementation of periphyton on growth performance and digestive enzyme activities in *Penaeus monodon*. **Aquaculture**, p. 59-68, 2013.
- ASHRAF, M.; W. FAIRGRIEVE. Effects of artificial feeds on the spawning success, fecundity and egg fertilization rates in Chinese and Indian major carps. **Journal of Zoology**, Pakistani, v. 30, p. 185-189, 1998.
- AZIM, M. E. et al. The effect of periphyton substrate density on production in freshwater polyculture ponds. **Aquaculture**, v. 232 . p. 441- 453, 2004
- AZIM, M. E. **The potential of periphyton-based aquaculture production systems**. 2001. 219f. Thesis (PhD)-Fish Culture and Fisheries Group, Wageningen Institute of Animal Sciences, Wageningen University, The Netherlands, 2001.
- AZIM, M. E.; ASAEDA, T. Periphyton Structure, Diversity and colonization. In: PERIPHYTON: ecological, exploitation and management. CABI Publishing. Wallingford, Oxfordshire OX10 8DE, UK, 2005. 319 p.
- AZIM, M. E. et al. Ingestion and utilization of periphyton grown on artificial substrates by Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L. **Aquaculture Research**, Oxford, v. 34, p. 85- 92, 2003a.
- AZIM, M. E. et al. Evaluation of polyculture of Indian major carps in periphyton-based ponds. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 213, p. 131- 149, 2002a.
- AZIM, M. E. et al. Optimization of stocking ratios of two Indian major carps, rohu *Labeo rohita* Ham. and catla, *Catla catla* Ham. in a periphyton- based aquaculture system. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 203, p. 33- 49, 2001a.
- AZIM, M. E. et al. The effects of artificial substrates on freshwater pond productivity and water quality and the implications for periphyton- based aquaculture. **Aquatic Living Resources**, Paris, v. 15, p. 231-241, 2002b.
- BATISTA, V. S. **Distribuição, dinâmica da frota e dos recursos pesqueiros da Amazonia Central**. 1998. 290 f. Tese (Doutorado)-INPA/FUA, Manaus, 1998.
- BHATNAGAR, A.; DEVI, P. Water quality guidelines for the management of pond fish culture. **International Journal of Environmental Sciences**, v. 3, n. 6, p. 1980-2009, 2013.
- BICUDO, C. E. M.; BICUDO, R. M. T. **Algas de Aguas Continentais Brasileiras**: chave ilustrada para identificação de gêneros. São Paulo: Fundação Brasileira para o Desenvolvimento do Ensino de Ciência; São Paulo: Editora Universidade de São Paulo, 1970. 228 p.
- BICUDO, C. E. M.; M. MENEZES. **Gêneros de algas de águas continentais do Brasil**. chave para identificação e descrições. 2. ed. São Carlos, SP: Rima Editora, 2006. 502p.

BLIGH, E.; DYER, W. J. A Rapid Method of Total Lipid Extration and Purification. **Can. J. Biochem. Physiol**, v, 37. n. 8, p. 911-917, 1959.

BOMFIM, M. A. D. et al. Proteína bruta e energia digestível em dietas para alevinos de Curimatá (*Prochilodus Affins*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, n. 34, v. 6, p.1795-1806, 2005.

BOYD, C. **Water Quality in Warmwater Fish Culture**. Alabama: Auburn University, 1981. 359p.

BOYD, C. E.; Clay, J. W. Shrimp Aquaculture and Environment. **Scientific American, Madison**, v. 278, n. 6, p. 58-65, 1998.

BRETZ, F.; HOTHORN, T.; WESTFALL, P. **Multiple Comparisons Using R**. Boca Raton: CRC Press, 2010.

CHAMBERS, J. M.; FREENY, A.; HEIBERGER, R. M. **Analysis of variance**: designed experiments. [S.l.]: Statistical Models in S. J. M. Chambers and T. J; Hastie, Wadsworth & Brooks/Cole. 1992.

DEMPSTER P.W.; D. J. BAIRD; M. C. M. BEVERIDGE. Can fish survive by filter feeding on microparticles? Energy balance in tilapia grazing on algal suspensions. **Journal of Fish Biology**. v. 47, p. 7-17, 1995.

DHARMARAJ, M.; MANISSERY, J. K.; KESHAVANATH, P. Effects of biodegradable substrate, sugarcane bagasse and supplemental feed on growth and production of fringe-lipped peninsula carp, *Labeo fimbriatus* (Bloch). **Acta Ichthyologica et Piscatoria**, v. 32, p. 137-144, 2002.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. From Research Institutions. **FAO Aquaculture Bulletin** 8, 7: 1975. 1-2 p.

GANDRA, A. L. **O mercado do pescado da região metropolitana de Manaus**. [S.l.]: CFC/FAO/INFOPESCA, 2010. 84 p.

GANGADHAR, B.; KESHAVANATH, P. Growth performance of rohu, *Labeo rohita* (Ham.) in tanks provided with different levels of sugarcane bagasse as periphyton substrate. **Indian J. Fish.** v. 59, n. 3, p. 77- 82, 2012.

GANGADHARA, B.; KESHAVANATH, P. Planktonic and Biochemical Composition of Periphyton Grown on Some Biodegradable and Non- Degradable Substrates. **Journal of Applied Aquaculture**. v. 20, p. 203-232, 2008.

GENTELINI, A. L. Produção de biomassa das macrófitas aquáticas *Eichhornia crassipes* (aguapé) e *Egeria densa* (egeria) em sistema de tratamento de efluente de piscicultura orgânica. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 29, n. 2, p. 441-448, 2008.

GOMES, L. C.; BALDISSEROTTO, B.; SENHORINI, J. A. Influência da densidade de estocagem na produtividade de larvas de matrinxã, *Brycon cephalus* (Pisces, Characidae) em tanques. **Boletim Técnico do CEPTA**, Pirassununga, v. 11, p. 1-12, 1998.

GOMES, L. C. et al. *Effecacy benzocaine as an anesthetic in juvenile tambaqui (Colossoma macropomum)*. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 32, n. 4, p. 426-431, 2001.

GRAEF, E. W. et al. Policultivo de matrinxã (*Brycon sp*) e jaraqui (*Semaprochilodus sp*) em pequenas represas. **Acta Amazonica**, v. 16/17, n. 1, p. 33-42, 1986.

HEM, S.; AVIT, J.L.B. First results on 'acadja-enclos' as an extensive aquaculture system (west Africa). **Bulletin of Marine Science**, v. 55, p. 1038-1049, 1994.

HEPHER, B. **Nutrition of Pond Fishes**. Cambridge: Cambridge University Press, 1988. 385 p.

HORN, M. H. Biology of marine herbivorous fishes. *Oceanography and Marine Biology Annual Review*, v.27, p. 167-272, 1989.

HOTHORN, T.; BRETZ, F.; WESTFALL, P. Simultaneous Inference in General Parametric Models. **Biometrical Journal**, v. 50, n. 3, p. 346-363, 2008.

HOWARD-WILLIAMS, C.; JUNK, W.J. The decomposition of aquatic macrophytes in the floating meadows of a central Amazonian várzea lake. **Biogeographica**, v. 7, p. 115-123, 1976.

HUCHETTE, S. M. H. et al. The impacts of grazing by tilápias *Oreochromis niloticus* L. on periphyton communities growing on artificial substrates in cages. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 186, p. 45- 60, 2000.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. Métodos Químicos e Físicos para Análise de Alimentos. 3. ed. São Paulo, 1988. p. 245-266. v.1,

JANA, S. N.; GARG, S. K.; PATRA, B. C. Effects of periphyton performance of grey mullet, *Mugil cephalus* Linn., in inland saline groundwater ponds. **Journal of Applied Ichthyology**, Berlin, v. 20, p. 110- 117, 2004.

JENSEN, F. B. Uptake and effects of nitrite and nitrate in animals. In: WALSH, P.J.; WRIGHT, P. **Nitrogen metabolism and excretion**. Boca Raton: CRC, 1995. p. 289-303.

JHINGRAN, V. G. **Fish and Fisheries of India**. Delhi, India: Hindustan Publishing Corporation. 1991. p. 379-380.

JOICE, A.; SHANKAR, K. M.; MOHAN, C. V. Effect of bacterial biofilm in nurse on growth, survival and resistance to *Aeromonas hydrophila* of common carp, *Cyprinus carpio*. **Journal of Aquaculture in the Tropics**, v. 17, p. 283-298, 2002.

KESHAVANATH, P. et al.. The effect of periphyton and supplemental feeding on the production of the indigenous carps Tot khudree and Labeo fimbriatus. **Aquaculture**, Amsterdam, 231: 2002. 207- 218 p.

KESHAVANATH, P. et al. Effects of bamboo substrate and supplemental feeding on growth and production of hybrid red tilapia fingerlings (*Oreochromis mossambicus* x *Oreochromis niloticus*). **Aquaculture**, v. 235 n. 14, p. 303-314, 2004.

KESHAVANATH, P. et al. Use of artificial substrates to enhance the production of freshwater herbivorous fish in pond culture. **Aquaculture Research**, Oxford, v. 32, p. 189-197, 2001.

KESHAVANATH, P. et al. Evaluation of Four Biodegradable Substrates for Periphyton and Fish Production. **Journal of Applied Aquaculture**, v. 24 n. 1, p. 60-68, 2012.

KHATOON, H. et al. Formation of periphyton biofilm and subsequent biofouling on different substrates in nutrient enriched brackishwater shrimp ponds. **Aquaculture**, v. 273, p. 470-477, 2007.

KUBITZA, F. **Qualidade da água no cultivo de peixe e camarões**. Jundiaí: Fernando Kubitza, 2003. 229 p.

KUBITZA, F. **Técnica de transporte de peixes vivos**. Campo Grande: [s.n], 1998. 44 p.

KUBITZA, F. Transporte de peixes vivos: parte 1. **Panorama da Aquicultura**, Rio de Janeiro, v. 7, p. 20-26, 1997.

LEDGER, M.E., A. G. HILDREW. Temporal and spacial variation in the epilithic biofilm of an acid stream. **Freshwater Biology**, n. 40, p. 655-670, 1998.

LEGENDRE, M.; HEM, S.; CISSE, A. Suitability of brackish water tilápias species from the Ivory Coast for lagoon aquaculture. II- Growth and rearing methods. **Aquatic Living Resources**, Paris, v. 2, p. 81- 89, 1989.

LIMA, A. T. A. S. **Colonização ficoperifítica em substrato artificial em riacho do semi-árido paraibano**. 2009. 85 f. Dissertação (Mestrado)-Universidade Federal da Paraíba, Universidade Estadual da Paraíba, 2009.

LOVSHIN, L. L.; SILVA, A. B.; CARNEIRO-SOBRINHO, A.; MELO, F. R. Preliminary pond culture test of curimatã comum (*Prochilodus argenteus*). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA, 1., Recife, **Anais...** Recife, 1980. p. 291-299

MAGO-LECCIA, F. Consideraciones sobre la sistematica de la Família Prochilodontidae (Osteichthys, Cypriniformes), con una sinopsis de las especies de Venezuela, **Acta Biologica**, v. 8, n. 1, p. 35-96, 1972.

MARTINEZ, C. B. R.; SOUZA, M. M. **Acute effects of nitrite on ion regulation in two Neotropical fish species**. Vancouver: Comparative Biochemistry and physiology, 2002. p. 151-160, v. 133, part. A.

MARTINS, A. T; PITELLI, R. A. Efeitos do manejo de *Eichhornia crassipes* sobre a qualidade da água em condições de mesocosmos. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 23, n. 2, p. 233-242, 2005.

MELO, S.; REBELO, S. R. M.; SOUZA, K. F. Fitoplacton. In: SILVA, E. N. S. **Biotupé**. [Manaus]: INPA, 2005. 246 p.

- MELO, S. Biodiversidade de algas planctônicas do parque nacional Jaú: janela Seringalzinha. In: BORGES, S. H. **Janela para a biodiversidade no Parque Nacional do Jaú: uma estratégia para o estudo da biodiversidade na Amazônia.** [S.l.: s.n.], 2004. 280 p.
- MILSTEIN, A. The effects of periphyton, fish and fertilizer dose on biological process affecting water quality in earthen fish ponds. **Environmental Biology of Fishes**, Dordrecht, v. 68, p. 247- 260, 2003.
- MILSTEIN, ANA. et al. Utilization of periphytic natural food as partial replacement of commercial food in organic tilapia culture-an overview. *Transylv. Rev. Syst. Ecol. Res.* v. 15, n. 1, p. 49-60, 2013.
- MILLER, R. G. **Simultaneous Statistical Inference.** [S.l.]: Springer, 1981.
- MONTGOMERY, W. L.; S. D. GERKING. Marine macroalgae as foods for fishes: an evaluation of potential food quality. **Environmental Biology of Fishes**, v. 5, p. 143-153, 1980.
- MRIDULA, R. M. et al. Water quality, biofilm production and growth of fringe-lipped carp (*Labeo fimbriatus*) in tanks provided with two solid substrates. **Bioresource Technology**, v. 87, p. 263-267, 2003.
- NIELSEN, P. H.; JAHN, A.; PALMGREN, R. Conceptual model for production and composition of exopolymers in biofilms. **Water Science and Technology**, v. 36, 11-19 p. 1997.
- OSTRENSKY, A.; BOEGER, W. Piscicultura: fundamentos e técnicas de Manejo – Guaíba: **Agropecuária**, 211 p. 1998.
- PÉREZ, G. R. **Fundamentos de limnologia neotropical.** Colombia: Editora da Universidad de Antioquia , 1992. 529 p.
- PIEPHO, HANS-PETER. An Algorithm for a Letter-Based Representation of All-Pairwise Comparisons. **Journal of Computational and Graphical Statistics**, v. 13, n. 2, p. 456-466, 2004.
- POMPÊO, M. L. M.; MOSCHINI-CARLOS, V. **Macrófitas aquáticas e perifíton, aspectos ecológicos e metodológicos.** São Carlos: RiMa. 2003.134 p.
- POTT, V. J.; POTT, A. **Plantas aquáticas do Pantanal.** Corumbá: EMBRAPA. 2000.
- PROENÇA, C. E. M.; BITTENCOURT, P. R. L.; **Manual de piscicultura tropical.** Brasília: IBAMA, M.M.A., 1994. 196 p.
- RAMESH, M. R. et al. Comparison of three plat substrates for enhancing carp growth through bacterial biofilm. **Aquaculture Engineering**, Amsterdam, v. 19, p. 119-131, 1999.
- R CORE TEAM. R. A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2014.

RESENDE, E. K. et al. A. Avaliação do crescimento e da produção de jaraqui (*Semaprochilodus* spp), em açude de igarapé de terra firme nos arredores de Manaus, Amazonas. **Acta Amazônica**. v. 15, n. 1-2, p. 19-36, 1985

RIBEIRO, M. C. L. B. **As migrações dos jaraquis (Pisces, Prochilodontidae) no rio Negro, AM, Brasil**. 1983. 192 f. Dissertação (Mestrado em Biologia de Água doce e Pesca Interior)-INPA/FUA, Manaus, 1983.

ROJAS, N. E. T.; ROCHA, O.; AMARAL, J. A. B. O efeito da alcalinidade da água sobre a sobrevivência e o crescimento das larvas do curimbatá, *Prochilodus lineatus* (Characiformes, Prochilodontidae), mantidas em laboratório. **Boletim Instituto de Pesca**, São Paulo, v. 27, n. 2, p. 155-162, 2001.

ROMAGOSA, E. et al. Influencia da aeração no crescimento e engorda da matrinxã, *Brycon cephalus*, em viveiros. **Boletim técnico do CEPTA**, Pirassununga, v. 11, p. 49-58, 1998.

SANTOS, G. M. DOS.; FERREIRA, E. J. G.; ZUANON, J. A. S. **Peixes comerciais de Manaus**. Manaus: IBAMA/ProVárzea, 2006. 144 p.

SANTOS, T. R. **Variação sazonal da biomassa, do estado nutricional e da estrutura da comunidade de algas perifíticas desenvolvida sobre substrato artificial e *Utricularia foliosa***. 2012. 79 f. Dissertação (Mestrado)-Instituto de Botânica da Secretaria de Estado do Meio Ambiente, São Paulo, 2012.

SIBBING, F. A.; WITTE, F. Adaptation to Feeding in Herbivorous Fish (Cyprinidae and Cichlidae). In: PERIPHYTON: ecological, Exploitation and Management: CABI Publishing. Wallingford: Oxfordshire OX10 8DE, UK. 2005. 319 p.

SIQUEIRA, N. S.; RODRIGUES, L. Biomassa Perifítica em Tanques-Rede de Criação de Tilápia do Nilo - *Oreochromis niloticus* (Linneau, 1758) 1,2 B. **Inst. Pesca**, São Paulo, v. 35, n. 2, p. 181-190, 2009.

SPOTTE, S. **Fish and Invertebrate culture**. New York, USA: John Wiley and Sons, 1979. 160 p.

TAVARES, L. H. S. **Limnologia Aplicada à Aquicultura**. Jaboticabal: FUNEP, 1994.70 p.

THOMÉ SOUZA, M. F. **Estatística Pesqueira do Amazonas e Pará - 2004**. Manaus: IBAMA/ProVárzea, 2007. 74 p.

UDDIN, M. S. et al. The potential of mixed culture of genetically improved farmed tilapia *Oreochromis niloticus* and freshwater giant prawn *Macrobrachium rosenbergii* in periphyton-based systems. **Aquaculture Research**, Oxford, v. 37, p. 241- 247, 2006.

UDDIN, M. S. et al. Technical evaluation of tilapia *Oreochromis niloticus* monoculture and tilapia prawn *Macrobrachium rosenbergii* polyculture in earthen ponds with and without substrates for periphyton development. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 269, p. 232- 240, 2007.

UMESH, N. R.; SHANKAR, K. M.; MOHAN, C. V. Enhancing growth of common carp, rohu and Mozambique tilapia through plant substrate: the role of bacterial biofilm. **Aquaculture**, v. 7, p. 251-260, 1999.

VAN DAM, A. A. et al. The potential of fish production based on periphyton. **Reviews in Fish Biology and Fisheries**. v. 12, p. 1-31, 2002.

VAN DAM, A. A.; VERDEGEM, M. C. J. Utilization of Periphyton for Fish Production in Ponds: a Systems Ecology Perspectives. In: AZIM, M. E. et al. (Ed.). **Periphyton: ecology, exploitation and management**. Cambridge: CABI Publishing, 2005. p. 91-112

VERANI, J. R. **Análise quantitativa aplicada em experimentos de cultivo intensivo do curimatá, Prochilodus scrofa Steindacner, 1818 (Characiformes, Prochilontidae)**. 1985. 151 f. Tese (Doutorado)–Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 1985.

VIEIRA, E. F. **Dinâmica Sazonal e interanual da estrutura populacional do impacto da exploração pesqueira do jaraqui escama fina (*Semaprochilodus taeniurus*) e jaraqui escama grossa (*S. insignis*) (Schomburgki, 1841) nos Subsistemas Hidrográficos da Amazonia Central**. 2003. 247 f. Tese (Doutorado)–INPA/UFAM, Manaus, 2003.

VISBAL, T. E. B. et al. Nivel óptimo de proteínas en la dieta para alevines de *Prochilodus mariae*. **Rev Chil Nutr**, v. 40, n. 2, 2013. 141 p.

WAHAB, M. A. et al. The potential of periphyton-based culture of the native major carp calbaush, *Labeo calbasu* Hamilton. **Aquaculture Research**, v. 30, p. 409- 419, 1999.

WETZEL, R. G. **Limnology: lake and river ecosystems**. San Diego, California: Academic Press, 2001. 13 p.

WHEATON, F. W. **Acuicultura Diseño y Construcción de Sistemas**. México, DF: AGT EDITOR, 1982. 704 p.

YAKUPITIYAGE, A. Constraints to the use of plant fodder as fish feed in tropical small-scale tilapia culture systems: an overview. In: S. J. Kaushik; P. Luquet, (Eds.). **Fish Nutrition in Practice**. Paris, France : Institut National de la Recherche Agronomique, 1993. p. 681-689

YANDELL, B. S. **Practical Data Analysis for Designed Experiments**. [S.l.]: Chapman & Hall, 1997.

ZANIBONI FILHO, E. et al. Survival of *Prochilodus lineatus* (Valenciennes) fingerlings exposed to acute pH changes. **Acta Scientiarum, Maringá**, v. 24, n. 4, p. 917-920, 2002.

## CAPÍTULO II

### RESUMO

#### **POLICULTIVO DE JARAQUI (*Semaprochilodus insignis*) (Schomburgk, 1841) E TAMBAQUI (*Colossoma macropomum*) (Cuvier, 1816) BASEADO NO PERIFITON: EFEITOS DA ADIÇÃO DE SUBSTRATO NATURAL E ARTIFICIAL E SUPLEMENTAÇÃO ALIMENTAR COM RAÇÃO COMERCIAL**

Na piscicultura, a adição de substratos nos viveiros estimula o crescimento da comunidade perifítica, o que, pode melhorar o aproveitamento da produção primária em biomassa de peixes, tornando o sistema de cultivo mais eficiente e econômico. Dessa forma, o objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito do uso de dois tipos de substratos (natural e artificial) na fixação de perifiton e no desempenho zootécnico do jaraqui (*Semaprochilodus insignis*) em policultivo com o tambaqui (*Colossoma macropomum*), com adição de ração. Foram utilizados como substrato natural, a macrófita *Pistia stratiotes* e como artificial, a tela plástica. O cultivo foi realizado em tanques de alvenaria de 46m<sup>2</sup> e com profundidade média de 70 cm. Os tanques foram adubados com uréia, superfosfato triplo e farelo de trigo com base na transparência da água (30-50 cm). A diferença entre os tratamentos foi avaliada com o uso da análise de variância com um fator (ONE WAY- ANOVA). Todas as variáveis de qualidade de água medidas neste estudo estavam dentro da escala aceitável para o cultivo de peixes, exceto os teores de alcalinidade e ortofosfato. O grupo macrófita apresentou maior biomassa de perifiton e o grupo tela plástica teve maior concentração média de proteína no perifiton. O jaraqui atingiu um peso de 34,32g de peso final (inicial=16,55g) no tratamento com tela plástica e 22,89g (inicial=14,84g) naquele com macrófita, comparado a 27,44g (inicial=18,05g) no controle. O crescimento em peso do tambaqui foi de 4,60-137,36g e 4,32-139,68g no tratamento com macrófita e tela plástica, respectivamente. Ambos foram significativamente maiores do que o do controle, que registrou um crescimento de 4,43-117,54g. Os dois tipos de substratos testados no presente estudo, propiciaram uma boa fixação para o perifiton. Ambas as espécies alcançaram maior produtividade no tratamento com tela plástica. O jaraqui apresentou desempenho zootécnico ligeiramente melhor quando foi usada tela plástica como substrato para fixação de perifiton. O tambaqui mostrou bom desempenho em todos os tratamentos. Aparentemente, o tambaqui aproveita o perifiton como alimento alternativo à ração. Estudos posteriores poderão determinar o quanto o perifiton pode contribuir com o crescimento do peixe, seu efeito sobre o desempenho do cultivo e a economia alcançada.

**Palavras-chave:** Aquicultura, Tanque e Desempenho zootécnico.

## ABSTRACT

### **PERIPHYTON-BASED SYSTEM IN THE POLYCULTURE OF JARAQUI (*Semaprochilodus insignis*) (SCHOMBURGK, 1841) AND TAMBAQUI (*Colossoma macropomum*) (CUVIER, 1816): ADDITION EFFECT OF NATURAL AND ARTIFICIAL SUBSTRATES WITH COMMERCIAL FEED SUPPLEMENTATION**

In aquaculture, the addition of substrates stimulates the growth of periphyton, which forms an additional source of food for the fish. Theoretically, it could increase the conversion of primary production into fish biomass, making the system more efficient and economical. The aim of the present study was to investigate the effect of using two types of substrates (natural and artificial) on periphyton growth and performance of jaraqui (*Semaprochilodus insignis*) in polyculture with tambaqui (*Colossoma macropomum*), with the addition of commercial feed ration. For this research, natural substrate macrophyte (*Pistia stratiotes*) and artificial substrate plastic screen were chosen. The fish were grown in masonry tanks of 46m<sup>2</sup>, with average depth of 70 cm. The ponds were fertilized with urea, triple superphosphate and bran based on water transparency (30-50 cm). The difference between treatments was assessed using one-way analysis of variance (ANOVA-one way). Every water quality variable measured in the present study showed to be within the acceptable range for fish culture, apart from alkalinity and orthophosphate contents. Macrophyte had higher periphyton biomass and plastic screen group had higher mean protein concentration in periphyton. Jaraqui reached a final weight of 34.32g (initial=16.55g) on the plastic screen treatment and 22.89g (initial=14.84g) on that with macrophyte, as compared to 27.44g (initial=18,05g) on control. Tambaqui raised its weight from 4.60 g to 137.36 g and 4.32 g to 139.68 g with macrophyte and plastic screen treatments, respectively; both values showed to be significantly higher than those presented on control, which recorded a growth from 4.43 g to 117.54 g. Both substrate types tested in this study provided good surface area for periphyton growth. This fish species (Jaraqui and tambaqui) reached higher fish yield with the plastic screen treatment. Jaraqui showed slightly better growth performance with plastic screen as substrate. Tambaqui exhibited good performance under both treatments. Apparently, tambaqui takes advantage of periphyton as an alternative for food ration. Further studies are required to determine periphyton contribution to the growth of the fish and its effect on savings in terms of food ration.

**Keywords:** Aquaculture, *Pistia stratiote*, Plastic screen, Jaraqui e Tambaqui.

## 1 INTRODUÇÃO

O sistema de criação baseado na comunidade perifítica foi desenvolvido com base em técnicas tradicionais (HEM e AVIT, 1994; WAHAB e KIBRIA, 1994; KIBRIA e AHMED, 2005), nas quais, substratos eram instalados em sistemas aquáticos para fixação do perifiton, que atraía peixes, facilitando a captura. Na piscicultura, a adição de substratos nos viveiros estimula o crescimento da comunidade perifítica (KESHAVANATH *et al.*, 2004), o que pode intensificar a conversão da produção primária em biomassa de peixes, tornando o sistema de cultivo mais eficiente e econômico (AZIM *et al.*, 2001c; AZIM *et al.*, 2002b).

Um aspecto importante para a implantação da piscicultura baseada no perifiton é a escolha do substrato a ser utilizado. Isso porque, este, precisa oferecer condições que favoreçam o estabelecimento de uma comunidade perifítica com quantidade e qualidade nutricional suficientes para suprir as necessidades dos animais cultivados (SIBBING; WITTE, 2005) e, ao mesmo tempo, apresentar baixa taxa de decomposição e lixiviação de compostos químicos, para não reduzir a qualidade da água (KESHAVANATH *et al.*, 2004).

Esforços têm sido feitos para desenvolver a tecnologia do cultivo de peixes baseado em perifiton em países da Ásia, especialmente, em Bangladesh e Índia. Espécies herbívoras e onívoras podem apresentar altas taxas de crescimento quando cultivadas em sistemas de monocultivo com uso de substratos para fixação do perifiton (GANGADHAR; KESHAVANATH, 2008). Mais recentemente, tem-se buscado avaliar o efeito da adição de substratos sobre o policultivo de duas ou três espécies de peixes e sua produção tem sido comparada com o policultivo tradicional sem substratos (VAN DAM *et al.*, 2002). Azim (2001a) observou um benefício indireto do perifiton para o catla (*Catla catla* que é uma carpa indiana), que não é um raspador. Este peixe cresceu ainda mais rápido do que rohu (*Labeo rohita*) quando em cultivo baseado em perifiton.

O policultivo consiste no cultivo de organismos que ocupam diferentes nichos ecológicos num mesmo ambiente, proporcionando um melhor aproveitamento dos recursos disponíveis na área, levando a um aumento de produtividade (MILSTEIN, 1990). Dessa forma, deve-se utilizar espécies com diferentes hábitos alimentares, mesma faixa de tolerância à temperatura, com idade, tamanho e crescimento similares para cada espécie. A combinação de diferentes espécies de peixes pode contribuir para melhorar as condições ambientais dos viveiros, uma vez que, aumenta a disponibilidade de recursos alimentares na água (MILSTEIN, 1997).

Os jaraquis (*Semaprochilodus* spp.) são peixes iliófagos e detritívoros e, por isso, possuem um grande potencial para o cultivo em sistema baseado no perifiton. Simultaneamente, estudos que avaliaram as características zootécnicas do jaraqui em condições de cultivo, o apontaram como tendo um bom potencial para a criação em cativeiro (REZENDE *et al.*, 1985; GRAEF *et al.*, 1986). Aliado a isso, o jaraqui desempenha uma importante função social no que diz respeito à alimentação da população de baixa renda no Amazonas, representando aproximadamente 50% do desembarque pesqueiro nos portos de Manaus (THOMÉ, 2007; GANDRA, 2010).

O tambaqui, *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1816), tem hábito alimentar onívoro que varia, em preferência, de acordo com a fase de desenvolvimento. A alimentação natural dos juvenis dessa espécie de peixe consiste de macroinvertebrados, como quironomídeos e sementes pequenas, como arroz silvestre e pequenas frutas (ARAÚJO-LIMA; GOULDING, 1997). Na Amazônia, o tambaqui é, atualmente, uma das espécies mais cultivadas. O seu cultivo na região iniciou-se no começo da década de 1980 (ROLIM, 1995). Esta espécie é uma das mais importantes para a economia regional, e sua oferta já chegou a representar quase a metade do total de pescado comercializado em Manaus (ARAÚJO-LIMA; GOULDING, 1998). Considerando o habitat alimentar desse peixe, sua boa aceitação no mercado e o alto custo de produção, devido à ração, estudos que avaliem o efeito da tecnologia da piscicultura baseada no perifiton sobre o tambaqui em policultivo com espécies iliófagas e detritívoras, como o jaraqui, podem ser úteis, uma vez que, esse tipo de sistema pode melhorar o equilíbrio do fluxo de matéria e energia no viveiro e tornar o sistema de cultivo mais eficiente e econômico. Dessa forma, o objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito do uso de dois tipos de substratos (natural e artificial) na fixação de perifiton e no desempenho zootécnico do jaraqui de escama grossa (*Semaprochilodus insignis*) em policultivo com o tambaqui (*Colossoma macropomum*), com adição de ração.

## 2 MATERIAL E MÉTODO

### Área de estudo

O experimento foi realizado na Estação de Piscicultura de Balbina, vinculada à SEPA (Secretaria de Pesca e Aquicultura do Estado do Amazonas) e localizada no complexo da unidade hidrelétrica de Balbina ( $1^{\circ}55'07,93''\text{S}$  e  $59^{\circ}27'54,26''\text{W}$ ) na rodovia AM-270 km 82, município de Presidente Figueiredo, AM. As instalações da Estação de Piscicultura de Balbina dispõem de 6,78 ha de superfície de água constituída por tanques e viveiros que variam de 46,00 a 5.000,00 m<sup>2</sup> e laboratórios para análises físico-química da água (Figuras 1 e 2). Também foram utilizadas as instalações dos Laboratórios de Limnologia e plâncton pertencentes à Coordenação de Biodiversidade (CBIO), na sede do Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia (INPA), Manaus.



**Figura 1-** Vista geral do complexo aquícola de Balbina com destaque, em branco, para a área onde foi desenvolvido o experimento.  
Fonte: Bing Bird's Eye Maps (2013).

### Delineamento experimental

Para avaliar a influência de dois tipos de substratos, natural (macrófita aquática; *Pistia stratiotes*) e artificial (tela plástica) sobre a fixação de perifíton e o desempenho zootécnico do jaraqui escama grossa (*Semaprochilodus insignis*) foi realizado um experimento, com início no mês julho/2013 e término em outubro/2013, com delineamento inteiramente casualizado

de um fator (tipo de substrato). Foram utilizados três tratamentos: 1= Controle (sem substrato); 2 = 20% *Pistia stratiotes*/área do tanque; 3 = 20% tela plástica/área do tanque. Cada tratamento possui três repetições, totalizando nove unidades experimentais (Tabela 1).

**Tabela 1** - Delineamento experimental. A numeração é usada para identificar os tanques alocados para cada tratamento. O grupo controle não recebeu substrato.

Repetição	Tratamento		
	Controle	Natural	Artificial
1	Tanque 13	Tanque 14	Tanque 16
2	Tanque 20	Tanque 15	Tanque 17
3	Tanque 21	Tanque 22	Tanque 19

### Unidades experimentais

Foram utilizados nove tanques de alvenaria de 3,70 m de largura por 12,60 m de comprimento com 0,70 m de profundidade média (46,62 m<sup>2</sup> em superfície de água e 32,63 m<sup>3</sup>) (Figura 2).



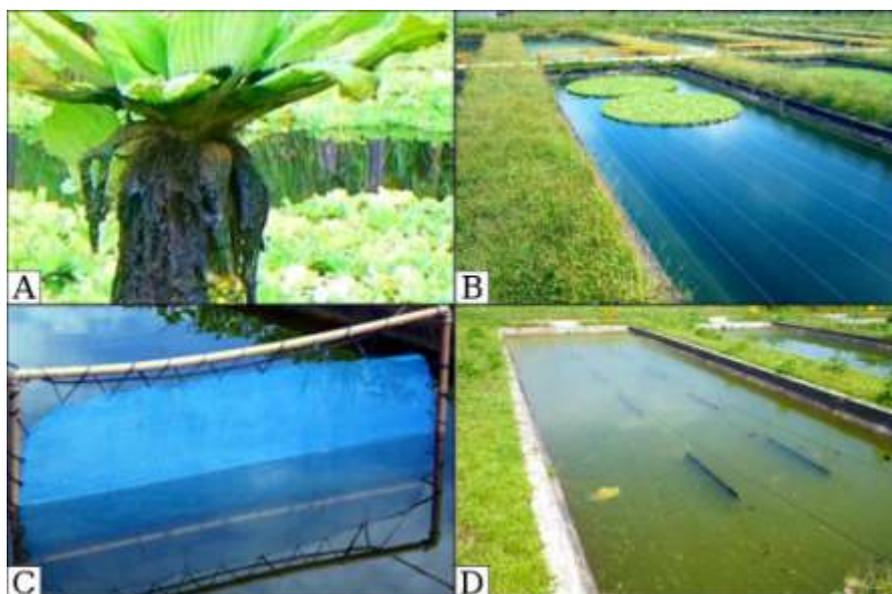
**Figura 2** - Vista aérea do segundo experimento. C= Tratamento controle; M=Tratamento com substrato natural (macrófitas) e T=Tratamento com substrato artificial (tela plástica). Fonte: Acervo da UHE-Balbina (2013).

### Preparação da unidade experimental

Os tanques foram submetidos ao mesmo processo do experimento realizado anteriormente de limpeza, calagem e adubação e abastecidos com água proveniente da represa de Balbina.

## Escolha dos substratos

Neste estudo, a densidade, tanto da *P. stratiotes* quanto a da tela plástica foi escolhida com base na densidade que propiciou os melhores resultados para o jaraqui em ensaio realizado anteriormente, que foi 20% de densidade de ambos os substratos (Figura 3A, 3B, 3C e 3D).



**Figura 3** - Parte radicular da *Pistia stratiotes* (A) tanque com 20% de substrato natural de *P. stratiotes* delimitada por uma armação circular de borracha (B) substrato artificial de tela plástica, preso a uma armação retangular de PVC (C) e tanque com 20% de superfície de tela plástica (D). Fonte: S. A. R. Tortolero (2013).

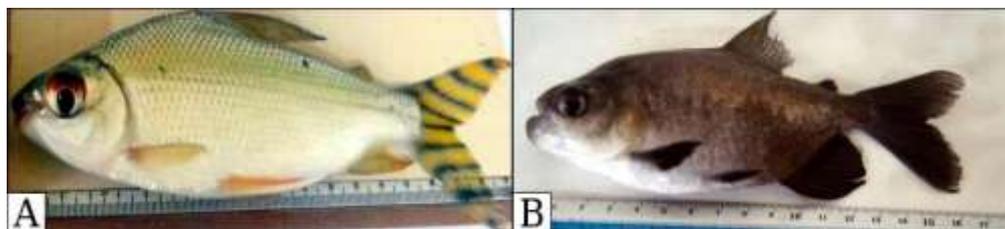
## Fonte artificial de alimento

Para complementação da dieta alimentar do tambaqui, foi oferecida ração comercial extrusada com 35% de proteína. A ração foi oferecida pelo horário da manhã e tarde até que os alevinos estivessem saciados.

## Animais experimentais

Ao final do primeiro experimento, 297 alevinos de jaraqui de escama grossa (*Semaprochilodus insignis*) foram selecionados com base no comprimento padrão ( $\pm 9$ cm) e

117 tambaquís foram obtidos da fazenda particular. Foram estocados na proporção de 70% de jaraqui e 30% de tambaqui, com densidade de 1peixe/m<sup>2</sup>.



**Figura 4:** Jaraqui de escama grossa *Semaprochilodus insignis* (A) e Tambaqui *Colossoma macropomus* (B).

Fonte: S. A. R. Tortolero (2013).

### Monitoramento da qualidade da água

A qualidade da água dos tanques foi verificada diariamente por meio da avaliação de variáveis físicas, físico-químicas e químicas (oxigênio, temperatura, pH, transparência da água e condutividade elétrica) a 30cm de profundidade na coluna de água, exceto a transparência. O ciclo nictemeral dessas variáveis foi avaliado nos meses de abril e maio.

As amostras de água para a determinação da alcalinidade, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NH<sub>3</sub>, PO<sub>4</sub>, foram coletadas, quinzenalmente, a 30 cm da superfície do tanque. A biomassa e a composição taxonômica do perifiton foram amostradas em uma área de 25cm<sup>2</sup> de cada um dos substratos. As amostragens foram realizadas no horário compreendido entre 07:00 e 09:00 horas.

### Variáveis físicas, químicas e físico-químicas

A transparência da água (cm) foi medida utilizando o disco de Secchi. A temperatura da água (°C) foi medida com oxímetro portátil. A condutividade elétrica (µS/cm<sup>2</sup>) foi medida utilizando um condutivímetro portátil. Potencial hidrogeniônico (pH), foi medido utilizando o potenciômetro portátil. A alcalinidade (mg/L de Ca<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) foi analisada com uso do método de titulação volumétrica. O oxigênio dissolvido (mg/L) foi medido com aparelho digital portátil. O Nitrogênio (nitrito NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, nitrato NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, amônia NH<sub>3</sub>) e o fósforo (Ortofosfato PO<sub>4</sub>) inorgânico foram medidos utilizando um fotocolorímetro digital.

## Variáveis biológicas

### I - Biomassa do perifíton

O perifíton dos substratos natural (*Pistia stratiotes*) e artificial (tela plástica) foi coletado em uma área de 5x5 cm<sup>2</sup> e a amostragem foi sempre realizada em triplicata. Para o substrato artificial, a coleta foi feita por meio de raspagem com uso de uma espátula fina, feita com folha plástica, para cada amostragem uma área intacta da tela plástica foi escolhida para a coleta do perifíton, este material foi diluído em 50 mL de água destilada.

Para o substrato natural foram retiradas três plantas de cada unidade experimental cortando-se a raiz de cada uma delas separadamente, cada raiz foi colocada sobre uma superfície plana e rígida para juntar todas as suas ramificações. Em seguida, uma área de 5x5 cm<sup>2</sup> das raízes foi cortada e o perifíton presente foi cuidadosamente segregado com o auxílio de um pincel. Posteriormente, o perifíton foi dissolvido em 50 mL de água destilada.

A partir deste ponto, o procedimento da para determinação da biomassa foi igual para ambos os substratos. Cada solução foi transferida para um tubo de falcon, pesado previamente, e centrifugada por 15 minutos. Após esse processo, o sobrenadante foi retirado e o tubo de falcon foi levado à estufa para desidratação por um período de 12 horas a 60°C. Posteriormente, cada tubo de falcon foi repesado.

A biomassa do perifíton foi obtida pela diferença entre o peso de cada tubo de falcon mais peso do perifíton e o peso do tubo de falcon sem o perifíton segundo a expressão: [(peso do tubo de falcon mais o peso do perifíton) – (peso do tubo de falcon sem o peso do perifíton)]. A biomassa média de cada unidade experimental foi obtida somando as três medidas realizadas em cada tanque e a biomassa média dos tratamentos foi determinada a partir da soma das réplicas, ou seja, de cada unidade experimental.

### II - Composição taxonômica

As amostragens de perifíton para a determinação da composição taxonômica foram feitas seguindo a mesma metodologia descrita para a Biomassa do perifíton (2.8.2-I). Após a extração, o perifíton foi acondicionado em frasco de polietileno e fixado em solução de Transeau [água: álcool: formol (6:3:1); Bicudo e Bicudo, 1970]. A identificação taxonômica do perifíton foi realizada com uso de chaves de identificação (Bicudo e Menezes, 2006).

### Composição centesimal do perifiton

As amostragens de perifiton para a determinação da composição centesimal nos diferentes substratos foram realizadas seguindo a mesma metodologia descrita para a biomassa do perifiton (2.8.2-I), exceto, pelo tamanho da área amostrada, que foi maior (Cerca de 6 vezes). No final do experimento, as 9 subamostras dos tratamentos foram analisadas em triplicata para determinar o percentual de umidade, proteínas, cinza de acordo com as normas preconizadas pela AOAC, 1975 e adotadas pelo Instituto Adolfo Lutz (1985). Os lipídios totais foram determinados pelo método de Bligh e Dyer, 1959. A fração ninfext foi calculada pela diferença, ou seja, pela somatória dos percentuais de umidade, cinza, lipídios e proteínas subtraídas de 100 (cem).

### Desempenho zootécnico

#### **Biometria**

A biometria foi realizada no início do cultivo e a cada trinta dias até o fim do cultivo, totalizando cinco aferições. Para essas análises, quinze peixes eram coletados em cada tanque, acondicionados em baldes com água, oxigênio e sal a 2%. Em seguida, foram pesados em balança eletrônica (precisão 0,1g) e o comprimento padrão foi medido com o uso de um ictiômetro. Posteriormente, foram devolvidos ao tanque.

Além do peso e comprimento, também foram determinados os seguintes parâmetros de desempenho zootécnico:

#### **Sobrevivência**

Sobrevivência foi determinada pela diferença entre n<sup>o</sup> inicial de peixes e o n<sup>o</sup> final de peixe. Já o percentual de sobrevivência dos indivíduos ao longo dos tres meses de cultivo foi calculado por meio seguinte fórmula:

$$(\ ) \text{ —————}$$

Onde  $S$  é a sobrevivência,  $N_f$  é o número de peixes contados ao final do cultivo e  $N_i$  é o número de peixes contados no momento do povoamento dos tanques.

### Ganho de biomassa

O ganho de biomassa foi calculada através da equação demonstrada abaixo:

$$G = (B_f - B_i) \times N$$

Onde  $G$  é o ganho de biomassa,  $B_f$  é a biomassa estimada ao final do cultivo e  $B_i$  é a biomassa estimada para o momento do povoamento dos tanques. A biomassa foi calculada através da multiplicação do peso total médio do tanque pela quantidade de indivíduos vivos, conforme demonstrado nas equações abaixo.

$$B_f = W_f \times N_f$$

$$B_i = W_i \times N_i$$

Onde  $W_f$  é o peso total médio dos peixes ao final do cultivo e  $W_i$  é o peso total médio dos peixes no momento do povoamento dos tanques.

### Fator de condição

Representa o grau de bem-estar do peixe dentro das condições de cultivo. É calculado como a razão entre o peso total do peixe e o peso total teórico, conforme a equação demonstrada abaixo.

$$K = \frac{W}{W_t}$$

Onde  $K$  é o fator de condição,  $W$  é o peso total,  $L$  é o comprimento padrão e  $a$  é o coeficiente de inclinação da equação da relação peso comprimento, demonstrada abaixo, e estimados através do método de mínimos quadrados.

### Taxa de Crescimento Específico

A taxa de crescimento específico foi calculada por meio do produto de cem pela diferença entre os logaritmos da biomassa final e inicial, dividido pelo tempo em dias.

$$\frac{(\quad)}{(\quad)}$$

### Taxa de Incremento em Peso

A taxa de incremento em peso foi calculada por meio do produto de cem pela diferença entre a biomassa final e biomassa inicial, dividido pela biomassa final.

$$\frac{(\quad)}{(\quad)}$$

## 2.11 Análises estatísticas

Para verificar o efeito dos tratamentos sobre os parâmetros zootécnicos e o crescimento, foi usada uma Análise de Variâncias com um fator (ANOVA\_One way). Para verificar a existência de correlação entre o peso e o comprimento, foi usado o teste t de Student. Para verificar se o coeficiente b da relação peso-comprimento difere de 3, indicando crescimento isométrico, foi usado o teste t de Student para valor pré-estabelecido. Para comparar a composição centesimal dos grupos de perifíton coletados nos substratos, foi usado o teste t de Student. Para a comparação da composição taxonômica de perifíton coletado nos substratos foi usada uma Análise de Variâncias unifatorial simples (ANOVA One way).

Toda a análise estatística foi realizada com o auxílio do software GNU R (R CORE TEAM, 2013). O teste t de Student foi realizado no R com uso do pacote *stats*, conforme procedimento clássico (R CORE TEAM, 2013). A ANOVA, também inclusa no pacote *stats*, é procedida conforme a função descrita em Chambers *et al.* (1992). Para avaliar a homogeneidade dos lotes e as médias dos pesos, cada tratamento foi submetido ao teste Levene com ( $p < 0,05$ ). Ao final dos experimentos, os parâmetros de desempenho foram

submetidos a Análise de Variância (ANOVA) ( $p < 0,05$ ). Havendo diferenças significativas entre as médias foi realizado o teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) (ZAR, 1984).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### Qualidade da água

As variáveis físicas, químicas e físico-químicas da água dos ecossistemas aquáticos servem como indicadores da qualidade da água. Condições inadequadas de qualidade de água resultam em prejuízo ao crescimento, à reprodução, à saúde, à sobrevivência e à qualidade de vida dos peixes, comprometendo o sucesso dos sistemas aquaculturais (LOURENÇO *et al.*, 1999)

Neste experimento não foram observadas diferenças estatísticas significativas para os valores de oxigênio dissolvido ( $p=0,6610$ ), pH ( $p=0,1090$ ), temperatura ( $p=0,0939$ ), nitrito ( $p=0,1470$ ), amônia total ( $p=0,1140$ ) e ortofosfato ( $p=0,3560$ ) entre o controle e os tratamentos compostos por substrato natural (macrófitas) e substrato artificial (tela plástica) (Tabela 2).

**Tabela 2** - Variáveis físicas, químicas e físico-químicas da água usada no policultivo de jaraqui *Semaprochilodus insignis* e tambaqui *Colossoma macropomum* submetido a diferentes tipos de substrato para fixação de perifíton.

Variáveis	Controle	Substrato	
		Natural	Artificial
<b>OD</b>	7,62±2,30a	7,54±2,10a	7,37±1,92a
<b>pH</b>	8,93±1,65a	8,74±1,65a	8,59±1,66a
<b>CE</b>	53,07±12,38a	47,42±14,02b	52,11±8,72ab
<b>AL</b>	22,11±5,11a	16,00±3,69b	20,67±6,72a
<b>T</b>	29,96±2,00a	29,82±2,01a	29,99±1,99a
<b>NO<sub>2</sub></b>	0,10±0,09a	0,08±0,07a	0,20±0,18a
<b>NO<sub>3</sub></b>	2,14±1,14b	2,31±1,25ab	3,17±0,98a
<b>NH<sub>3</sub></b>	1,38±1,10a	0,77±0,86a	1,32±1,03a
<b>PO<sub>4</sub></b>	3,76±0,78a	3,43±1,04a	3,77±0,49a

OD: Oxigênio dissolvido (mg/L); pH: Potencial hidrogeniônico; CE: Condutividade elétrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}^2$ ); T: Temperatura da água ( $^{\circ}\text{C}$ ); AL: Alcalinidade (mg/L); NO<sub>2</sub>: Nitrito (mg/L); NO<sub>3</sub>: Nitrato (mg/L); NH<sub>3</sub>: Amônia total (mg/L); PO<sub>4</sub>: Ortofosfato (mg/L); Letras iguais são usadas para indicar médias que não diferiram estatisticamente entre si segundo a ANOVA. Nível de significância  $p<0,05$ .

Os valores de condutividade elétrica, alcalinidade e nitrato na água apresentaram diferença significativa entre os tratamentos. O controle e o tratamento artificial (Tela plástica) exibiram maior condutividade elétrica ( $p=0,0249$ ) e alcalinidade total ( $p=0,0154$ ). Já os tratamentos com substrato natural e artificial apresentaram maiores concentrações de nitrato ( $p=0,0312$ ).

Na piscicultura, a qualidade da água dos tanques é influenciada pelo manejo, que inclui o hábito alimentar das espécies cultivadas, densidades de estocagem, a qualidade e quantidade de nutriente (fertilizante orgânico e/ou inorgânico) e ração oferecida aos animais. A decomposição e acúmulo de matéria orgânica também afetam a qualidade de água (ASADUZZAMAN *et al.* 2009).

As variáveis de qualidade da água medidas neste estudo permaneceram dentro da escala aceitável para o cultivo de peixes, conforme indicam Boyd (1981) e Tavares (1994), exceto o teor de alcalinidade no tratamento com substrato natural (< 20 mg/L) e teores de ortofosfato, nos dois tratamentos e controle.

### **Oxigênio**

Segundo Proença e Bittencourte (1994), os níveis ideais de oxigênio, para espécies tropicais, variam de 4 mg/L a 6,0 mg/L. Neste estudo as concentrações de oxigênio dissolvido mantiveram-se por volta de 7 mg/L, o que pode ser considerando uma condição excepcional, pois, segundo Saint-Paul (1984 e 1988), tambaqui, uma das espécies utilizadas neste experimento, é um peixe que possui adaptações morfológicas para sobreviver em ambientes hipóxicos, podendo suportar valores inferiores a 1 mg/L de O<sub>2</sub>.

### **pH**

O pH da água foi, de modo geral, alcalino, ultrapassando o valor de 10 em algumas ocasiões. Na natureza, o jaraqui apresenta grande plasticidade iônica, pois, sobrevive em águas ácidas, como a do rio Negro (4,5) e em águas brancas, como as do rio Solimões (6,5 - 7) (ARAUJO LIMA e GOULDING, 1997).

Graef *et al.* (1986) obtiveram boa produtividade no cultivo do jaraqui em viveiros de barragem com pH ácido (3-5). Segundo Igarashi (1995), o pH da água de cultivo deve ser levemente alcalino entre 8,0 a 8,5. Gangadhar e Keshavanath (2012) obtiveram boa produtividade no cultivo de rohu (*Labeo rohita*) em viveiros com pH alcalino (8,39 - 9,82).

### **Condutividade elétrica**

Quanto à condutividade elétrica, apesar da ausência de significância entre os tratamentos, os menores valores absolutos observados no substrato natural, quando

comparado com o controle e o substrato artificial, deve ser consequência da absorção de nutrientes pelas partes radiculares desta macrófita.

### **Alcalinidade**

A alcalinidade funciona como um sistema tampão regulador do pH da água dos viveiros (TAVARES, 1994). Quando a alcalinidade ( $\text{CaCO}_3^{-2}$ ) está baixa, menor que 20 mg/l, geralmente pode causar altas oscilações no índice do pH, o que dificulta um bom desempenho na produção dos peixes, devido às necessidades constantes de adaptações dos animais, através da troca osmótica com o meio (BOYD, 1981). Segundo Aride *et al.* (2004) os sistemas de produção de tambaqui na Amazônia apresentam águas com alcalinidades baixíssimas (10 mg/L), quando não é realizada calagem, e de 40 mg/L, quando há calagem. No presente estudo, a alcalinidade, foi relativamente baixa, estando abaixo dos limites aceitáveis para o cultivo no tratamento com substrato natural.

### **Temperatura**

A temperatura média da água foi de aproximadamente 30° C em todos os tratamentos. Este fato, pode ter ocorrido devido às características dos viveiros utilizados, que por serem de alvenaria e possuírem pouca profundidade ( $\pm 70$  cm), devem ter absorvido grande quantidade de energia térmica e a transferido para a coluna de água, além das regularidades das temperaturas do ar.

Proença e Bittencourt (1994) estabelecem que a temperatura no intervalo de 20 a 30° C é aceitável para o cultivo de peixes, mas que a faixa ideal é de 25 a 28° C.

Os peixes cultivados no presente estudo são encontrados na natureza em ecossistemas lóticos e lênticos em que a temperatura mínima é de 24° C e a máxima de 40° C, indicando tolerância a altas temperaturas (ARAUJO-LIMA; GOULDING, 1997).

### **Compostos nitrogenados**

No que tange aos compostos nitrogenados, o nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ), o nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e a amônia oscilaram de 0,08 a 0,20; 2,31 a 3,17 e 0,77 a 1,32 mg/L, respectivamente. Para peixes, o nitrito geralmente passa a ser tóxico na água quando as concentrações ultrapassam 0,5 mg/L (OSTRENSKY; BOEGER, 1998); a amônia, quando as concentrações são

superiores a 2 mg/L; e o nitrato, quando seus níveis ultrapassam 5 mg/L (TAVARES, 1994). Segundo Ismiño-Orbe (1997) o tambaqui é resistente à ação tóxica da amônia.

### Ortofosfato

As concentrações do ortofosfato ( $\text{PO}_4^-$ ) registradas nos tanques durante este experimento nos permitiu classificar o sistema de cultivo como eutrófico segundo Tavares (1994). Silva *et al.* (2007) também registraram concentrações de ortofosfato na água dos tanques capazes de poluir os cursos de águas naturais durante a produção de juvenis de tambaqui.

#### Variáveis biológicas

#### Biomassa do perifiton ( $\text{mg}/\text{cm}^2$ )

A biomassa do perifiton não apresentou diferença significativa entre os tipos de substratos em 45 ( $p=0,2760$ ), 60 ( $p=0,2550$ ) e 75 dias ( $p=0,3180$ ) de experimento. Foi observada diferença significativa em 15 ( $p=0,0010$ ), 30 ( $p=0,0286$ ) e 90 dias ( $p=0,0117$ ), nos quais o tratamento com substrato natural apresentou maior biomassa.

**Tabela 3** – Biomassa de perifiton (média  $\pm$  desvio padrão), em  $\text{mg}/\text{cm}^2$ , no policultivo de jaraqui *Semaprochilodus insignis* e tambaqui *Colossoma macropomum* submetidos a diferentes tipos de substrato para fixação de perifiton.

Dia	Tipo de substrato	
	Natural	Artificial
15	0,50 $\pm$ 0,09 <sup>a</sup>	0,07 $\pm$ 0,02b
30	1,12 $\pm$ 0,46 <sup>a</sup>	0,20 $\pm$ 0,13b
45	1,10 $\pm$ 1,02 <sup>a</sup>	0,35 $\pm$ 0,01a
60	0,75 $\pm$ 0,88 <sup>a</sup>	0,07 $\pm$ 0,04a
75	0,95 $\pm$ 0,43 <sup>a</sup>	0,55 $\pm$ 0,43a
90	1,08 $\pm$ 0,36 <sup>a</sup>	0,17 $\pm$ 0,04b
<b>Média</b>	<b>0,91<math>\pm</math>0,54<sup>a</sup></b>	<b>0,23<math>\pm</math>0,11b</b>

Letras iguais são usadas para indicar valores semelhantes entre si ( $p>0,05$ ).

Em sistemas de aquicultura, a biomassa da comunidade perifítica também pode ser bastante variada, podendo ser influenciada por processos ecológicos (ex: temperatura, iluminação) e operacionais (ex: pressão de pastagem, fertilização, densidade de estocagem de peixe, densidade e tipo de substrato) (AZIM *et al.*, 2005).

Em um estudo recente, o perifiton de cinco substratos biodegradáveis (folha de palmeira, espata de folha de areca nut, palha de arroz, bagaço de cana, bambu) e cinco substratos não degradáveis (pneu de carro, vidro, telha de porcelana, cano de PVC e telha de barro) foram comparados por quantidade de perifiton (GANGADHAR e KESHAVANATH, 2008). Neste estudo, os autores, observaram que alguns substratos não degradáveis (PVC e vidro) são igualmente eficientes para o crescimento do perifiton quanto alguns substratos biodegradáveis (Bambu).

No presente estudo, a biomassa perifítica média registrada para o substrato natural (macrófita) foi de  $0,91\text{mg/cm}^2$  e para o artificial (tela plástica) de  $0,23\text{mg/cm}^2$ . Estes valores foram inferiores aos registrados para PVC ( $0,97\text{ mg/cm}^2$ ) (GANGADHAR; KESHAVANATH, 2008), folha de coco ( $1,58\text{ mg/cm}^2$ ), bagaço de cana ( $1,06\text{ mg/cm}^2$ ) (KESHAVANATH *et al.*, 2012), bambu e kanchi (bambu cortado longitudinalmente ao meio) (ASADUZZAMAN, 2012; AZIM *et al.*, 2002a; 2002b), o bagaço de cana, a folha de palmeira, folha de coco e bambu (KESHAVANATH *et al.*, 2012) e semelhantes aos observados para o vidro ( $0,91\text{ mg/cm}^2$ ) e bambu ( $0,90\text{ mg/cm}^2$ ) (GANGADHARA; KESHAVANATH, 2008).

Asaduzzaman (2012) avaliou o efeito da adição de C e N em diferentes proporções (C/N de 10, 15 e 20) sobre a biomassa do perifiton fixada ao bambu, em cultivo de camarão de água doce. A razão C/N foi obtida a partir da adição de goma de tapioca. Esta autora verificou que com a adição de carboidratos e manutenção das proporções acima indicadas, ocorreu aumento da biomassa do perifiton (C/N10+P= $2,92\pm 0,06$ ; C/N15+P=  $3,42\pm 0,17$  e C/N20+P= $3,63\pm 0,19\text{ mg/cm}^2$ ). Possivelmente este aumento na biomassa nos tratamentos com maior proporção C/N estimulou a produtividade do perifiton, que superou a pressão de pastagem.

Em estudo de colonização de substrato natural, não observaram diferenças entre os tipos de substratos utilizados hizol, bambu e kanchi, contudo, registraram diferenças entre os substratos a diferentes profundidades e nas datas de amostragem. A biomassa foi maior no hizol ( $4,89 \pm 0,26\text{ mg/cm}^2$ ) e menor no bambu e kanchi ( $3,10 \pm 0,20\text{ mg/cm}^2$ ) (AZIM *et al.*, 2002).

Keshavanath *et al.* (2012) avaliou o efeito do tipo de substrato sobre a biomassa do perifiton em sistema de policultivo de rohu (*Labeo rohita*) e carpa comum (*Cyprinus carpio*), usando esterco de ave, como adubo orgânico. No referido estudo, o bagaço de cana (*Saccharum officinales*) apresentou valores médios de biomassa de  $1,06\pm 0,09\text{ mg/cm}^2$ ; a folha de palmeira (*Borassus flabellifer*) de  $1,17\pm 0,02\text{ mg/cm}^2$ ; folha de coco (*Cocos nucifera*) de

1,58±0,07 mg/cm<sup>2</sup> e bambu (*Bambusa bambos*) de 1,09±0,06 mg/cm<sup>2</sup>. A biomassa perifítica foi mais elevada na folha de coco (1,58 mg/cm<sup>2</sup>) e menor no bagaço de cana (1,06 mg/cm<sup>2</sup>).

Em outro estudo, Azim *et al.*(2002), avaliando o efeito da densidade do kalbaush (*Labeo calbasu*) em policultivo com rohu e catla (*Catla catla*) sobre a biomassa do perifiton fixada à estacas de bambu, em viveiros adubados com esterco de gado e superfosfato triplo, não registraram diferenças significativas entre os tratamentos, as datas de amostragem e interação entre tratamento-tempo. Os valores médios da biomassa do perifiton foram maiores no tratamento com catla e rohu (sem kalbaush: 6,77 mg/cm<sup>2</sup>) do que em qualquer tratamento com kalbaush (3,3 - 4,8 mg/cm<sup>2</sup>). A biomassa do perifiton aumentou ao longo do experimento no tratamento catla com rohu, mas este fato não ocorreu nos outros tratamentos.

Comparando com os resultados obtidos nos substratos natural e artificial do presente estudo, os trabalhos de policultivo acima mencionados apresentaram valores de biomassa do perifiton superiores. Este resultado pode estar associado à inadequação da densidade e do tipo de substratos utilizados com relação à pressão de pastagem.

Torres e Lascarro (1993) sugeriram que a densidade de 0,7 peixes/m<sup>2</sup> é considerada alta para o cultivo de bocachico (*Prochilodus magdalenae*), pois afeta o crescimento e pode causar elevada mortalidade. Portanto, a pressão de pastagem (1peixe/m<sup>2</sup>) utilizada neste estudo, pode ter superado a proliferação do perifiton.

Milstein *et al.* (2013) sugerem que a densidade ideal de substrato deve ser equivalente a 40-50% da área do viveiro, valores bem superiores aos utilizados neste estudo (20%).

### **Composição centesimal do perifiton**

Não foram observadas diferenças estatísticas significativas quanto ao conteúdo lipídico (p=0,0813) e valor calórico total (p=0,2160) (Tabela 4).

O perifiton coletado no viveiro submetido a cultivo com substrato artificial apresentou maior conteúdo proteico (p=0,0224), de cinzas (p=0,0069) e menor teor de carboidrato (p=0,0483).

**Tabela 4** - Composição centesimal do perifíton coletado nos substratos usados no policultivo de jaraqui *Semaprochilodus insignis* e tambaqui *Colossoma macropomum* submetido a diferentes tipos de substrato para fixação de perifíton.

Variáveis	Substrato	
	Natural	Artificial
<b>Proteínas (%)</b>	34,42±3,32b	43,03±2,44a
<b>Lipídios (%)</b>	11,99±1,02 <sup>a</sup>	10,31±0,72a
<b>Cinza (%)</b>	9,70±0,81b	13,47±0,98a
<b>Carboidratos (%)</b>	43,89±5,15 <sup>a</sup>	33,18±4,12b
<b>EB</b>	421,13±22,47 <sup>a</sup>	397,66±16,23a

EB: energia bruta (kcal/100g). Letras iguais são usadas para indicar médias que não diferiram estatisticamente entre si segundo a ANOVA. Nível de significância  $p < 0,05$ .

O perifíton é um importante produtor primário (LIBORIUSSEN E JEPPESEN, 2003) e serve como fonte de energia para níveis tróficos mais elevados (HECKY e HESSLEIN, 1995), pois, são ricos em proteínas, vitaminas e sais minerais (PERÉZ, 1992). Da mesma forma que a biomassa, a qualidade nutricional e a disponibilidade do perifíton variam de acordo com inúmeros fatores, tais como: pressão de pastagem, composição taxonômica das algas e bactérias, nível nutricional do ambiente, qualidade da água e tipo de substrato (SAIKIA, 2011; MAKAREVICH *et al.*, 1993; AZIM *et al.*, 2002).

Apesar da importância da composição centesimal do perifíton na piscicultura, poucas informações estão disponíveis. Os poucos estudos existentes foram desenvolvidos na Ásia e têm evidenciado uma grande variação do conteúdo nutricional em relação à pressão de pastagem, ao tipo de substrato, e, eventualmente, entre os mesmos substratos.

### Proteína

No presente estudo, o perifíton coletado nos viveiros submetidos ao substrato artificial apresentou melhor qualidade nutricional devido ao maior teor proteico. A concentração média de proteína foi de 35% (PB) no substrato natural e ligeiramente superior a 43% (PB) no substrato artificial.

Azim *et al.* (2002a) estudaram a composição nutricional do perifíton em policultivo, utilizando adubo orgânico e inorgânico em três tipos de substratos (naturais inertes) e registraram maior conteúdo de proteína na vara (32%) e kanchi (30%) e menor na juta (13%). AZIM *et al.* (2001a) estimaram 27,19% de proteína bruta no perifíton desenvolvido na superfície do bambu, 14,63% nos galhos de hizol, 18,74% sobre o kanchi e 12,69% sobre a

vara de juta. Ledger e Hildrew (1998) registraram baixíssimos teores de proteína aderidos em rochas (2,2 e 3,2%).

Os peixes têm capacidade limitada para sintetizar proteína, dessa forma, a maior parte deste nutriente deve ser fornecida a partir da dieta. Peixes de água doce necessitam em média de 25 a 35% de proteína (HEPHER, 1988). Estudos realizados com *Prochilodus* sp. (da mesma família *Semaprochilodus*) indicam que estes animais requerem cerca de 26 a 35% de proteína em sua dieta (BOMFIM *et al.*, 2005; VISBALT. *et al.* 2013).

O tambaqui (*Colossoma macropomum*), como peixe onívoro, também exige concentrações de proteína que variam de 28 a 34% conforme a idade (CAVERO *et al.*, 2009). No presente estudo, os níveis de proteína do perifiton oscilaram entre 35 e 43% (substrato natural e artificial, respectivamente), indicando que estes representam uma boa fonte de alimento natural para os peixes.

## **Lipídios**

Com relação aos níveis de lipídios, neste experimento, o perifiton desenvolvido no substrato natural apresentou concentrações de 11,99% e no substrato artificial de 10,31%.

Em um estudo recente, Becker (2007) registrou 10-57% de lipídios em algas. Azim *et al.* (2001a) registraram teores lipídicos de 5,43% para o hizol; 0,35% bambu e 2,75% para juta. Azim *et al.* (2003a) observaram que a pressão de pastagem por peixes pode estimular a produção de lipídios (4 e 8 peixes/m<sup>2</sup> produziram 4,25 e 2,5% de lipídios, respectivamente), quando comparado com a ausência de peixes (1,72% de lipídeos). Ledger e Hildrew (1998) registraram baixíssimos teores de lipídios no perifiton aderidos a rochas (0,04 - 0,29%).

## **Cinza**

Alimentos com teores de cinzas menores de 30% podem ser considerados aceitáveis para peixes herbívoros (YAKUPITIAGE 1993). No presente estudo, os teores de cinzas foram inferiores, com 9,70% no substrato natural e com 13% no substrato artificial. Azim *et al.* (2002a) registraram conteúdo de cinzas de 19, 31 e 14% no perifiton aderido ao bambu, vara de juta e kanchi, respectivamente. Hephher (1988) registrou de 27 - 48% de cinzas em algas planctônicas coletadas em viveiros de piscicultura.

## **Carboidratos**

No presente estudo, as proporções de carboidratos representaram 44% da matéria seca do perifiton, no substrato natural, e 33%, no substrato artificial. Ledger e Hildrew (1998) registraram 29-33% de carboidrato no perifiton desenvolvido em pedras. Nielsen *et al.* (1997) avaliaram a composição nutricional do biofilme e descobriram que as substâncias poliméricas extra-celulares são responsáveis por 50-80% do total de matéria orgânica, portanto grande quantidade de carboidrato, o que justificaria as altas proporções de carboidratos no perifiton.

## **Energia Bruta**

O teor de energia bruta (EB) registrado no presente estudo alcançou valores de 421,2 kcal/100g, para o substrato natural e 397,7 kcal/100g, para o substrato artificial. Estes valores foram inferiores aos registrados no perifiton associado à vara (454 kcal/100g) e ao broto de bambu (454 kcal/100g) e à juta (335 kcal/100g) (AZIM *et al.*, 2002a).

## **Composição taxonômica do perifiton**

Não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos compostos pelos substratos natural e artificial, quanto à abundância dos gêneros do perifiton presentes nas amostras ( $p=0,8894$ ). O substrato natural apresentou nove táxons exclusivos e o artificial, apenas um.

Os resultados da composição taxonômica do perifiton encontram-se sumarizados na Tabela 5.

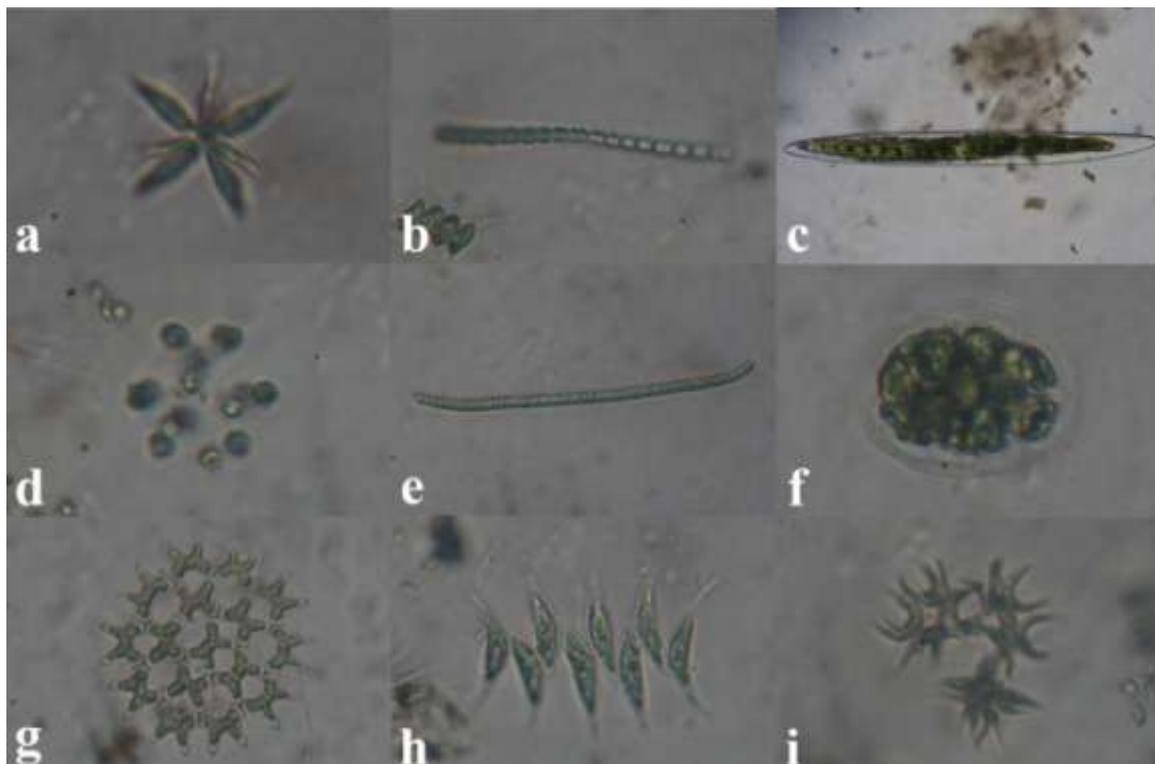
**Tabela 5** - Composição taxonômica do perifiton identificados nos substratos utilizados no policultivo de jaraqui *Semaprochilodus insignis*, e de tambaqui *Colossoma macropomum*.

Divisão	Gênero	Substrato	
		Natural	Artificial
<b>CHLOROPHYTA</b>	<i>Actinotaenium</i> (Nägeli) Teiling	X	-
	<i>Cosmarium</i> Corda ex Ralfs	X	-
	<i>Closterium</i> Nitzsch ex Ralfs	X	-
	<i>Dictyosphaerium</i> Nägeli	X	X
	<i>Eudorina</i> Ehrenber	X	X
	<i>Pandorina</i> Bory de St. Vincent	-	X
	<i>Pediastrum</i> Meyen	X	-
	<i>Scenedesmus</i> Meyen	X	X
	<i>Selenastrum</i> Reinsch	X	-
	<i>Staurastrum</i> Meyen ex Ralfs	X	-
<b>CYANOPHYTA</b>	<i>Anabaena</i> Bory ex Bornet & Flahaut	X	X
	<i>Oscillatoria</i> cf. Vaucher ex Gomont	X	X
	<i>Planktothrix</i> cf. Anagnostides & Komárek	X	-
<b>HETEROKONTOPHYTA</b> ( <b>Bacillariophyceae</b> )	<i>Gomphonema ehrenberg</i>	X	X
	<i>Pinnularia ehrenber</i>	X	-
<b>HETEROKONTOPHYTA</b> ( <b>Chrysophyceae</b> )	<i>Mallomonas</i> cf. Perty	X	-

O "x" indica presença do gênero nas amostras coletadas e o "-" indica ausência.

Fonte:

No tratamento com substrato natural foram identificados 15 gêneros, dos quais nove (60%) pertencem à divisão Chlorophyta; três (20%) à divisão Heterokontophyta e três (20%) à divisão da Cyanophyta. No tratamento com substrato artificial foram registrados sete gêneros, dos quais quatro (57,14%) pertencem à divisão Chlorophyta; dois (28,57%) à divisão Cyanophyta e um (14,28%) à divisão Heretokontophyta (vide **Erro! Fonte de referência não encontrada.5**; Figura 5).



**Figura 5** - Gêneros de fitoplâncton encontrados nos substratos natural (*Pistia stratiotes*) e artificial (tela plástica): a= *Actinastrum*; b= *Anabaena*; c= *Closterium*; d= *Dictyosphaerium*; e= *Oscillatoria*; f= *Pandorina*; g= *Pediastrum*; h= *Scenedesmus*; i= *Selenastrum*.

A composição taxonômica da comunidade perifítica em sistemas naturais e aquaculturais tende a ser bastante variada, dependendo de fatores como: tipo de substrato, pressão de pastagem, intensidade luminosa, habitat e nível de fertilização (AZIM, 2005).

Vários trabalhos realizados na Índia em policultivos baseados no sistema de perifiton analisaram a composição taxonômica associada ao bambu como substrato, e registraram maior número de gêneros de algas perifíticas pertencentes à classe Chlorophyceae (UDDINI *et al.*, 2007; AZIM *et al.*, 2002a; AZIM *et al.* 2004). García (2012) estudando o perifiton fixado em canos de polietileno em viveiros com tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) e bocachico (*Prochilodus magdalenae*) também observaram que a classe Chlorophyceae teve maior riqueza de gêneros (39%), seguidos por Bacilariophyceae (24%), Cyanophyceae (16%) e Euglenophyceae (8%).

Como se pode observar, a maioria dos estudos em que se avaliou a composição taxonômica do perifiton em sistemas de cultivo tem registrado maior riqueza de táxons para a divisão Chlorophyceae. Nosso resultado, citado acima, corrobora estes estudos.

Desempenho zootécnico do Jaraqui (*Semaprochilodus insignis*) e do tambaqui (*Colossoma macropomum*), em policultivo.

**Variação do comprimento do Jaraqui (*Semaprochilodus insignis*) e do tambaqui (*Colossoma macropomum*).**

O comprimento padrão do jaraqui e do tambaqui não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos no início do experimento ( $p=0,9350$  e  $p=0,8410$ , respectivamente), confirmando a homogeneidade dos lotes. O mesmo foi observado para o comprimento padrão do jaraqui ao final dos períodos de 30 ( $p=0,2940$ ) e 60 dias ( $p=0,0637$ ) de cultivo (Tabela 6).

**Tabela 6** - Comprimento padrão (cm) do jaraqui *Semaprochilodus insignis* e tambaqui *Colossoma macropomum* ao longo de três meses de cultivo submetido a diferentes tipos de substrato para fixação de perífiton.

Dia	Espécie					
	Jaraqui			Tambaqui		
	Substrato					
	Controle	Natural	Artificial	Controle	Natural	Artificial
<b>00</b>	9,10±0,39a (4,26%)	9,01±0,28a (3,13%)	8,98±0,49a (5,44%)	5,36±0,21a (3,83%)	5,39±0,67a (3,47%)	5,29±0,43a (4,38%)
<b>30</b>	10,47±0,45a (4,26%)	10,06±0,27a (2,64%)	10,55±0,39a (3,67%)	10,02±0,68a (5,49%)	10,57±0,82a (6,06%)	9,96±0,67a (3,88%)
<b>60</b>	10,65±0,17a (1,62%)	10,01±0,72a (7,15%)	11,30±0,53a (4,72%)	12,83±1,03a (5,66%)	13,58±1,24a (8,27%)	13,25±1,02a (3,44%)
<b>90</b>	11,26±0,56ab (5,00%)	10,40±0,63b (6,09%)	11,78±0,36a (3,04%)	16,58±0,77a (4,74%)	16,57±0,94a (3,23%)	16,69±1,38a (3,44%)

Letras iguais são usadas para indicar médias que não diferiram estatisticamente entre si segundo a ANOVA. Nível de significância  $p<0,05$ . As comparações são apenas intraespecíficas, não foram feitas comparações interespecíficas.

O jaraqui apresentou ao final do período de 90 dias, maior comprimento padrão no substrato artificial, em relação ao substrato natural e controle ( $p=0,0500$ ). O comprimento padrão do tambaqui manteve-se homogêneo entre os tratamentos durante todo o cultivo.

O jaraqui associado ao substrato artificial apresentou crescimento superior ao tratamento com substrato natural, ao final de noventa dias.

**Variação do peso do Jaraqui (*Semaprochilodus insignis*) e do tambaqui (*Colossoma macropomum*).**

O peso médio inicial do jaraqui e do tambaqui não apresentou diferença estatística significativa entre os tratamentos no início do experimento ( $p=0,1660$  e  $p=0,8350$ ,

respectivamente), confirmando a homogeneidade dos lotes. O mesmo foi observado para o peso médio das duas espécies ao final dos 60 dias ( $p=0,0586$ ) de cultivo (Tabela 7).

**Tabela 7** – Peso total (g) do jaraqui *Semaprochilodus insignis* e tambaqui *Colossoma macropomum* ao longo de três meses de cultivo submetido a diferentes tipos de substrato para fixação de perifíton.

Dia	Espécie					
	Jaraqui			Tambaqui		
	Substrato					
	Controle	Natural	Artificial	Controle	Natural	Artificial
<b>00</b>	18,05±1,95a (10,79%)	14,84±0,93a (6,24%)	16,55±2,19 <sup>a</sup> (13,23%)	4,43±1,22a (16,04%)	4,60±1,59a (11,43%)	4,32±0,99a (9,87%)
<b>30</b>	20,76±1,08a (5,22%)	17,58±0,55b (3,10%)	19,29±1,41ab (7,33%)	31,76±6,55a (17,42%)	36,11±9,23a (23,07%)	30,57±6,18a (13,51%)
<b>60</b>	25,38±1,70a (6,69%)	19,80±1,31a (6,64%)	25,56±3,72 <sup>a</sup> (14,56%)	43,07±9,22a (13,85%)	50,26±13,90a (23,81%)	45,11±11,28a (15,34%)
<b>90</b>	27,44±3,11ab (11,33%)	22,89±1,08b (4,70%)	34,32±4,89 <sup>a</sup> (14,24%)	117,54±29,04a (28,54%)	137,36±23,68a (9,93%)	139,68±35,75a (10,94%)

Letras iguais são usadas para indicar médias que não diferiram estatisticamente entre si segundo a ANOVA. Nível de significância  $p<0,05$ . As comparações são apenas intraespecíficas, não foram feitas comparações interespecíficas.

O jaraqui no controle e no substrato artificial apresentou, ao final dos 90 dias de cultivo, crescimento superior àquele do tratamento natural ( $p=0,0173$ ). O peso médio do jaraqui no substrato artificial foi 33% maior que no natural e 20% maior que o controle. O peso médio do tambaqui manteve-se homogêneo entre os tratamentos durante todo o cultivo.

Ao final dos três meses de experimento, observou-se que o tambaqui cresceu entre 14 e 15% a mais nos tratamentos com adição de substrato, do que no controle. O tambaqui não é considerado um peixe raspador, mas aceita e utiliza bem as dietas artificiais (SILVA *et al.*, 2007). O crescimento médio em peso do tambaqui foi de 137,36 e 139,68 g no tratamento com substratos natural e artificial, respectivamente. Isto indica o efeito indireto do perifíton sobre o crescimento do tambaqui.

Pode se presumir que o jaraqui, pelo seu hábito alimentar, tenha preferido se alimentar do perifíton, deixando o plâncton e a maior parte da ração para o tambaqui. O benefício indireto do perifíton para o catla, que não é um raspador, foi registrado por Azim (2001a), que observou que este peixe cresceu ainda mais rápido do que rohu sob cultivo baseado em perifíton. Similarmente, Keshavanath *et al.* (2012) têm notado que o perifíton influencia o crescimento de carpa comum quando cultivada junto com rohu.

Keshavanath *et al.* (2002) avaliaram o efeito do perifíton e da suplementação alimentar (ração) sobre a produção de duas espécies de carpas nativas da Índia, mahsee (*Tor khudree*) e fringe-lipped (*Labeo fimbriatus*), usando duas densidades de bambu como substrato para fixação de perifíton (53 m<sup>2</sup> e 34,5 m<sup>2</sup>). No tratamento controle, sem suplementação alimentar e substrato, mahseer atingiu um peso médio final de 30,8±0,9 g e a carpa fringe-lipped de 19,1±1,1 g (média ± desvio padrão). Usando apenas a suplementação

alimentar, o peso médio final aumentou para mahseer e carpa fringe-lipped ( $38,3\pm 0,6$  e  $22,9\pm 1,2$  g, respectivamente).

O fornecimento de substrato resultou em um peso médio final de  $36,0\pm 5,7$  e  $36,1\pm 1,3$  para mahseer e de  $22,8\pm 1,2$  e  $22,5\pm 1,9$  para carpa fringe-lipped (baixa e alta densidade de bambu, respectivamente). A densidade do bambu não teve efeito significativo no peso médio final do mahseer e carpa fringe-lipped.

### Sobrevivência, ganho de biomassa, fator de condição, taxa de crescimento específico e taxa de incremento em peso.

A taxa de sobrevivência ( $p=0,3770$ ), o ganho de biomassa ( $p=0,3270$ ), o fator de condição ( $p=0,8800$ ), taxa de crescimento específico ( $p=0,3940$ ) e a taxa de incremento em peso ( $p=0,3950$ ) do jaraqui não apresentaram diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos (Tabela 8).

Quanto ao tambaqui, a taxa de sobrevivência ( $p=0,1470$ ), ganho de biomassa ( $p=0,1340$ ), fator de condição ( $p=0,2350$ ), taxa de crescimento específico ( $p=0,1100$ ), taxa de incremento em peso ( $p=0,1750$ ), consumo de ração ( $p=0,1440$ ) e conversão alimentar aparente ( $p=0,2750$ ) também não apresentaram diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos.

**Tabela 8** – Desempenho zootécnico do policultivo de jaraqui *Semaprochilodus insignis* e tambaqui *Colossoma macropomum* submetidos a diferentes tipos de substratos para fixação de perifíton durante três meses.

Variáveis	Espécie					
	Jaraqui			Tambaqui		
	Substrato					
	Controle	Natural	Artificial	Controle	Natural	Artificial
S	94,95±6,31a (6,64%)	100,00±0,00a (0,00%)	89,90±12,62 <sup>a</sup> (14,03%)	84,62±13,32a (15,75%)	82,05±11,75a (14,32%)	100,00±0,00a (0,00%)
GBI	261,6±12,99a (22,85%)	265,53±14,35a (24,86%)	473,87±65,21a (63,30%)	1234,53±82,76a (30,84%)	1399,54±45,10a (14,82%)	1759,64±42,88a (11,21%)
TCE	0,40±0,09a (22,22%)	0,48±0,12a (25,26%)	0,68±0,39a (56,68%)	3,43±0,21a (6,16%)	3,55±0,27a (7,63%)	3,86±0,14a (3,73%)
TIP	30,43±5,62a (18,48%)	34,93±7,20a (20,63%)	43,87±17,42 <sub>a</sub> (39,71%)	95,37±0,91a (0,95%)	94,47±2,17a (2,29%)	96,89±0,42a (0,43%)
K	1,96±0,47a (24,05%)	2,05±0,28a (13,43%)	2,09±0,11a (5,36%)	2,56±0,56a (21,96%)	3,01±0,04a (1,25%)	2,99±0,04a (1,18%)
CONS	–	–	–	1235,00±8,60a (3,20%)	1211,18±4,32a (1,64%)	1274,00±11,33a (4,06%)
CAA	–	–	–	1,08±0,36a (33,92%)	0,87±0,13a (15,25%)	0,73±0,10a (13,33%)

S: Taxa de sobrevivência (%); GBI: Ganho de biomassa ( $\text{g}/46\text{m}^2$ ); K: Fator de condição; TCE: Taxa de crescimento específico; TIP: Taxa de incremento em peso; CONS: Consumo de ração ( $\text{g}/46\text{m}^2$ ); CAA:

Conversão alimentar aparente. Letras iguais são usadas para indicar médias que não diferiram estatisticamente entre si segundo a ANOVA. Nível de significância  $p < 0,05$ . As comparações são apenas intraespecíficas, não foram feitas comparações interespecíficas.

### **Sobrevivência (S)**

A sobrevivência do jaraqui foi superior a 90% nos substratos natural, artificial e controle. Já, a sobrevivência do tambaqui oscilou entre 80 e 100%. Keshavanath *et al.* (2004) avaliaram o efeito do substrato no crescimento e sobrevivência de alevinos de duas espécies de tilápia com e sem uso de ração. Estes autores observaram que a sobrevivência foi de 88% no tratamento sem substrato e ração e de 94% no tratamento com ração e sem substrato. Nos tratamentos sem ração e com substrato a sobrevivência oscilou entre 90 e 94%, já naqueles com ração e substrato, a sobrevivência variou de 94 a 96%.

Os índices zootécnicos do jaraqui e do tambaqui não apresentaram diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos. Contudo, o ganho de biomassa, taxa de crescimento específico, taxa de incremento em peso e conversão alimentar aparente foram melhores no tratamento artificial.

### **Ganho de biomassa (GB)**

Graef *et al.* (1986) avaliaram a produtividade de *Brycon* sp. e *Semaprochilodus* sp. em viveiros de barragem (área 6.500 m<sup>2</sup>; na densidade de 0,4 *Brycon* sp./m<sup>2</sup> e 0,5/*Semaprochilodus* sp./m<sup>2</sup>) em sistema de policultivo e alimentação suplementar, sem o uso de substratos. Após 307 dias obtiveram uma produtividade de 532,30 kg/ha/ano para o jaraqui e de 2.598,5 kg/ha/ano para matrinxã. O crescimento do jaraqui registrado por estes autores foi de 0,5 g/dia, superior ao resultado obtido por Resende *et al.* (1985) (0,3 g/dia), e o obtido no presente estudo foi de 0,1 g/dia no substrato natural e 0,2 g/dia no artificial num ciclo de 90 dias.

Guimarães e Storti-Filho (2004) avaliaram o uso de produtos agrícolas e florestais como alimento suplementar para tambaqui em policultivo com jaraqui, durante 371 dias em viveiros de barragem de Igarapé (área 644 m<sup>2</sup>; na densidade de 0,5 tambaqui/m<sup>2</sup> e 0,1 jaraqui/m<sup>2</sup>, respectivamente), sem o uso de substratos. O tratamento com melhor resultado foi aquele em que se disponibilizaram dejetos de suínos e alimento de origem vegetal. O tambaqui e o jaraqui tiveram um crescimento em peso de 18,9 - 997g e de 5,8 - 206,9g,

respectivamente, equivalente a uma produtividade de 4.815,5 kg/ha/ano para o tambaqui e de 218,46 kg/ha/ano para o jaraqui, no total de 5.010,8 kg/ha/ano.

Em estudo semelhante ao nosso, García *et al.* (2011) cultivaram tilapia (*Oreochromis niloticus*; onívoro; 2,6 peixes/m<sup>2</sup>) e o bocachico (*Prochilodus magdalenae*; iliófago; 0,7 peixes/m<sup>2</sup>), em sistema baseado no perifíton, utilizando tubo de PVC como substrato artificial. Os peixes foram cultivados em tanque de alvenaria de 90 m<sup>2</sup> e com 300 tubos de PVC, que forneceram uma área adicional de 69%, com relação área do tanque (taludes e fundo). Neste estudo, não houve adição de fertilizantes e foi testado o efeito da dieta, sem ração; com 20 e 25% (PB) e do substrato (presença e ausência) sobre a produção destas espécies. Em oito meses, apesar de não terem sido observadas diferenças significativas entre os tratamentos com e sem substrato, a tilápia apresentou produtividade 15% maior no tratamento com substrato. Da mesma forma, o bocachico apresentou produtividade 39,4% maior no tratamento com adição de substrato, em relação ao tratamento sem substrato. Contudo, de modo geral, foi registrada alta mortalidade, que os autores acreditam estar relacionada com a alta densidade de estocagem.

Nunes *et al.* (2006) avaliaram a influência da biomassa sobre a produtividade de quatro espécies de peixes, em três combinações diferentes. Os tratamentos com 78 kg de biomassa geral inicial (tilápia do Nilo, carpa comum e curimatã pacu) e 87 kg de biomassa geral inicial (tambaqui, carpa comum e curimatã pacu) atingiram as maiores produtividades, 2.422,8 e 2.230,5 kg/ha/ano, respectivamente. Os autores registraram melhor produtividade para o tambaqui (331 kg/ha/ano) no tratamento com a biomassa inicial de 75 kg/ha/ano (61:29:3:4% de tilápia do Nilo, tambaqui, carpa comum e curimatã pacu, respectivamente). Já a curimatã (*Prochilodus argenteus*) atingiu melhor resultado (267 kg/ha/ano) quando consorciada com tambaqui e carpa (*Cyprinos carpio*) na proporção de 47:25:28%, respectivamente. Nesta proporção, o *P. argenteus* atingiu 100% de sobrevivência e a produtividade geral do sistema foi de 2.230,5 kg/ha/ano.

No presente estudo, a produtividade do jaraqui e do tambaqui não apresentou diferença significativa entre os tratamentos. Contudo, o jaraqui atingiu maior produtividade no tratamento com substrato artificial, cerca de 103 kg/ha/3meses. Esta produtividade superou a dos peixes do tratamento natural em 42% e do controle em 45%.

O tambaqui, também alcançou maior produtividade no substrato artificial, em torno de 382 kg/ha/3meses. Esta produtividade superou a dos peixes do tratamento natural em 20% e do controle em 30%.

### **Taxa de crescimento específico (TCE)**

A taxa de crescimento específico não apresentou diferença significativa entre os tratamentos para as duas espécies de peixes. Para o jaraqui, o TCE no substrato artificial foi 29% e 41% maior do que no natural e controle, respectivamente. Para o tambaqui o substrato artificial foi 8% e 11% maior do no natural e controle. Num experimento com tilápia híbrida com e sem uso de ração e com adição de diferente densidade de substrato (bambu) (Keshavanath *et al.*, 2004) registraram valores mais elevados da TCE oscilando entre 4,69 e 5,62% por dia no cultivo sem ração e entre 5,07 e 5,75 no cultivo com ração.

### **Taxa de incremento em peso (TIP)**

A taxa de incremento em peso, para ambas as espécies, não apresentou diferença significativa entre os tratamentos, indicando que não houve a influência da densidade dos substratos natural e artificial.

### **Fator de condição (K)**

O fator de condição, para ambas as espécies, não apresentou diferença significativa entre os tratamentos, indicando que não houve a influência da densidade dos substratos natural e artificial.

Sá *et al.* (2000) avaliou o policultivo de três espécies: a carpa comum (*Cyprinus carpio*), curimatã (*Prochilodus cearensis*) e o tambaqui (*Colossoma macropomum*) através do fator de condição. Os autores observaram que o uso de adubo orgânico não induziu a aumento notável na condição da carpa comum e da curimatã. Possivelmente isso se deve ao uso da ração para a alimentação do tambaqui, que após o aproveitamento da ração e excreção, aumenta a carga de nutrientes no viveiro, agindo como adubo. Contudo, o tambaqui apresentou melhor condição nos viveiros com adubação, o que pode ser atribuído ao fato dessa espécie ser onívora e, tendo disponível outra fonte de alimento além da ração apresentou melhor ganho de peso.

### **Conversao alimentar aparente (CAA)**

Tanto o Jaraqui quanto o tambaqui registraram a conversão alimentar inferior ao controle o que indica que eles têm utilizado perifiton de ambos os substratos. Apesar de não ter sido observada diferença significativa na conversão alimentar do tambaqui entre os tratamentos e o controle, neste último observou-se uma maior utilização da ração (1,08). Devido ao hábito onívoro do tambaqui, a menor utilização de ração nos tratamentos com substrato é um indício de que esta espécie está utilizando o perifiton e, mesmo, ingerindo material vegetal do próprio substrato como fonte alimentar. A melhor engorda do jaraqui no substrato artificial pode ter várias causas, possivelmente, uma delas, seja o maior conteúdo proteico observado no perifiton disponível nesse substrato.

#### 4. CONCLUSÃO

É viável tecnicamente o cultivo de jaraqui (*Semaprochilodus insignis*) como espécie principal no cultivo associado com tambaqui (*Colossoma macropomum*), utilizando a densidade de 20% de substrato artificial (tela plástica) com produtividade de 103 kg/ha/3meses.

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Os dados obtidos no presente estudo indicam a viabilidade técnica do policultivo jaraqui-tabaqui e evidencia que a adição de substratos para fixação do perifiton oferece uma boa alternativa para a suplementação alimentar do tabaqui, além do uso de ração complementar. Acredita-se que o jaraqui também explore a ração como alimento complementar, contudo, não foi objetivo desta pesquisa determinar a quantidade de ração aproveitada pelo mesmo, além de outras informações que supomos necessárias para otimizar o policultivo de jaraqui na região, o que deve ser explorado por futuras pesquisas.

## 6 REFERÊNCIAS

ARAÚJO-LIMA, C.; GOULDING, M. **So fruitful a fish. Ecology, conservation and aquaculture of the Amazon's tambaqui**. New York: Columbia University Press, 1997. 191p.

ARAÚJO-LIMA, C.; GOULDING, M. **Os frutos do tambaqui: ecologia, conservação e cultivo na Amazônia**. Tefé, AM: Sociedade Civil de Mamirauá, 1998. 186 p.

ARIDE, P. H. R.; ROUBACH, R.; VAL, A. L. Water pH in central Amazon and its importance for tambaqui (*Colossoma macropomum*) culture. **World Aquaculture**, Baton Rouge, v. 35, n. 2, p. 24-27, 2004.

ASADUZZAMAN, M. et al. Effects of addition of tilapia *Oreochromis niloticus* and substrates for periphyton developments on pond ecology and production in C/N-controlled freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* farming systems **Aquaculture**. 287, 2009. 371–380 p.

ASADUZZAMAN, M. D. **C/N-controlled periphyton-based freshwater prawn farming system: a sustainable approach to increase pond productivity**. 2012. 186 f. Thesis (PhD)-Wageningen University, Wageningen, NL) With references, with summaries in Dutch and English, 2012.

ASADUZZAMAN, M. et al. Effects of stocking density of freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* and addition of different levels of tilapia *Oreochromis niloticus* on production in C/N controlled periphyton based system. **Aquaculture**, n. 286, p. 72–79, 2009.

AZIM, M.E. et al. Evaluation of polyculture of Indian major carps in periphyton-based ponds. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 213, p. 131- 149, 2002a.

AZIM, Mohammed Ekram et al. The effects of artificial substrates on freshwater pond productivity and water quality and the implications for periphyton-based aquaculture, **Aquat. Living Resour.** v. 15, p. 231–241, 2002.

AZIM, M. E. et al. The effect of periphyton substrate density on production in freshwater polyculture ponds. **Aquaculture**, v. 232. p. 441-453, 2004.

AZIM, M. E. **The potential of periphyton-based aquaculture production systems**. 2001. 219 f. Thesis (PhD)-Fish Culture and Fisheries Group, Wageningen Institute of Animal Sciences, Wageningen University, The Netherlands, 2001.

AZIM, M.E.; ASAEDA, T. Periphyton Structure, Diversity and colonization. In: **Periphyton: ecological, exploitation and management**. CABI Publishing. Wallingford, Oxfordshire OX10 8DE, UK. 2005. 319 p.

AZIM, M. E. et al. **Periphyton: ecology, exploitation, and management**. CABI Publishing. Wallingford. Oxfordshire OX10 8DE, UK. 2005. 319p.

AZIM, M. E. et al. Ingestion and utilization of periphyton grown on artificial substrates by Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L. **Aquaculture Research**, Oxford, v. 34, p. 85-92, 2003a.

AZIM, M. E. et al. Optimization of stocking ratios of two Indian major carps, rohu *Labeo rohita* Ham. and catla, *Catla catla* Ham. in a periphyton- based aquaculture system. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 203, p. 33-49, 2001a.

AZIM, M. E. et al. The effects of artificial substrates on freshwater pond productivity and water quality and the implications for periphyton- based aquaculture. **Aquatic Living Resources**, Paris, v. 15, p. 231-241, 2002b.

AZIM, M. E. et al. The potential of periphyton-based culture of two Indian major carps, rohu *Labeo rohita* Hamilton and *Labeo gonius* Linnaeus. **Aquaculture Research**, Oxford, v. 32, p. 209- 216, 2001c.

BICUDO, C. E. M.; BICUDO, R. M. T. **Algas de águas continentais brasileiras: chave ilustrada para identificação de gêneros**. São Paulo: Fundação Brasileira para o Desenvolvimento do Ensino de Ciência e Editora Universidade de São Paulo, 1970. 228 p.

BICUDO, C. E. M.; MENEZES, M. **Gêneros de Algas de Águas Continentais do Brasil. Chave para identificação e descrições**. 2. ed. São Carlos: Rima Editora, São Paulo, 2006. 502 p.

BECKER, E. W. Microalgae as a source of protein. **Biotechnology Advances**, v. 25, p. 207-210, 2007.

BLIGH, E.; DYER, W.J. A Rapid Method of Total Lipid Extration and Purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, v, 37. n. 8, p. 911-917, 1959.

BOMFIM, M. A. D. et al. Proteína Bruta e Energia Digestível em Dietas para Alevinos de Curimatá (*Prochilodus Affins*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 6, p. 795-1806, 2005.

BOYD, C. **Water quality in warm water fish culture**. Alabama: Auburn University, 1981. 359p.

CAVERO, B.; RUBIM, M. A.; PEREIRA, T. M. **Manejo e Sanidade de Peixes em Criação comercial do tambaqui *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818) Embrapa**. [S.l.: s.n.], 2009.

CHAMBERS, J. M., FREENY, A; HEIBERGER, R. M. **Analysis of variance; designed experiments. Statistical Models in S. J. M. Chambers and T. J. Hastie**: Wadsworth & Brooks/Cole, 1992.

FELISBERTO, S. A.; RODRIGUES, L. Periphytic algal community in artificial and natural substratum in a tributary of the Rosana reservoir (Corvo Stream, Paraná State, Brazil) **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, Maringá, v. 32, n. 4, p. 373-385, 2010.

FROESE, R. Cube law, condition factor and weight-length relationships: history, meta-analysis and recommendations. **Journal of Applied Ichthyology**, v. 22, p. 241-253, 2006.

GANDRA, A. L. **O mercado do pescado da região metropolitana de Manaus**. [S.l.]: CFC/FAO/INFOPESCA, 2010. 84 p.

GANGADHAR, B.; KESHAVANATH, P. Growth performance of rohu, *Labeo rohita* (Ham.) in tanks provided with different levels of sugarcane bagasse as periphyton substrate. **Indian J. Fish.** v. 59, n. 3, p. 77-82, 2012.

GANGADHAR, B.; KESHAVANATH, P. Planktonic and Biochemical Composition of Periphyton Grown on Some Biodegradable and Non- Degradable Substrates. **Journal of Applied Aquaculture**. v. 20, p. 203-232, 2008.

GARCÍA GONZALEZ, J. J.; LONDOÑO, G. A. C.; PARDO-CARRASCO, S. C. Fitoplancton y perifiton en estanques con tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) y bocachico (*Prochilodus magdalenae*). **Rev Colomb Cienc Pecu**, v. 25, p. 603-614, 2012.

GARCIA, J. J. Evaluación del policultivo de bocachico *Prochilodus magdalenae* y tilapia *Oreochromis niloticus* utilizando superficies fijadoras de perifiton. **Med. Vet. Zoot.** v. 58, n. 2, p. 71-83, 2011.

GRAEF, E. E. et al Policultivo de matrinxã (*Brycon* sp.) e jaraqui (*Semaprochilodus* sp.) em pequenas represas. **Acta Amazônica**, v. 16/17, p. 33-42, 1986.

GUIMARÃES, S. F.; STORTI-FILHO, A. Produtos agrícolas e florestais como alimento suplementar de tambaqui em policultivo com jaraqui. **Pesq. agropec. Bras.** v. 39, n. 3, p. 293-296, 2004.

HECKY, R. E.; HESSLEIN, R. H. Contributions of benthic algae to lake food webs as revealed by stable isotope analysis. **Journal of the North American Benthological Society**, v. 14, p. 631–653, 1995.

HEM, S.; AVIT, J. L. B. First results on ‘acadja-enclos’ as an extensive aquaculture system (west Africa). **Bulletin of Marine Science**, v. 55, p. 1038- 1049, 1994.

HEPHER, B. **Nutrition of Pond Fishes**. Cambridge: Cambridge University Press, 1988. 385p.

IGARASHI, M. A. **Estudo sobre o cultivo de camarões marinhos**. Fortaleza: SEBRAE, 1995. 66 p.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. Métodos Químicos e físicos para análise de alimentos. 3. ed. São Paulo, SP, 1985. 245-266 p. v. 1

ISMIÑO-ORBE, R. A. **Excreção e efeito da amônia sobre o crescimento do tambaqui (*Colossoma macropomum* CUVIER, 1818)**.1997. 29 f Dissertação (Mestrado)–BADPI, INPA/FUA, Manaus. 1997.

JHINGRAN, V. G. **Fish and Fisheries of India**. Delhi, India: Hindustan Publishing Corporation, 1991. p. 379-380

KESHAVANATH, P. et al. Effects of bamboo substrate and supplemental feeding on growth and production of hybrid red tilapia fingerlings (*Oreochromis mossambicus* x *Oreochromis niloticus*). **Aquaculture**, v. 235, p. 303-314, 2004.

KESHAVANATH, P. et al. The effect of periphyton and supplemental feeding on the production of the indigenous carps Tot khudree and Labeo fimbriatus. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 231, p. 207- 218, 2002.

KESHAVANATH, P. et al. Effects of bamboo substrate and supplemental feeding on growth and production of hybrid red tilapia fingerlings (*Oreochromis mossambicus* x *Oreochromis niloticus*). **Aquaculture**, v. 235 n. 14, p. 303-314, 2004.

KESHAVANATH, P. et al. Evaluation of four biodegradable substrates for periphyton and fish production. **Journal of Applied Aquaculture**, v. 24 n. 1, p. 60-68, 2012.

KIBRIA, G. E; AHMED, K. K. U. Diversity of selective and non-selective fishing gear and the impact on inland fisheries in Bangladesh. NAGA. **World Fish Centers Newsletter**, Penang, v. 28, p. 43- 48, 2005.

LE CREN, E. D. The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*). **Journal of Animal Ecology**, v. 20, n. 2, p. 201-219 1951.

LEDGER, M. E.; A. G. HILDREW. Temporal and spacial variation in the epilithic biofilm of an acid stream. **Freshwater Biology**, v. 40, p. 655-670, 1998.

LIBORIUSSEN, L.; JEPPESEN, E. Temporal dynamics in epipelagic, pelagic and epiphytic algal production in a clear and a turbid shallow lake. **Freshwater Biology**, 48: 2003. 418-431 p.

LOURENCO, J. N. P., MALTA, J. C. O., SOUSA, F. N. A importância de monitorar a qualidade da água na piscicultura. **Instruções Técnicas Embrapa Ocidental**, n. 5, p. 1-4, 1999.

MAKAREVICH, T. A.; ZHUKOVA, T. V.; OSTAPENYA, A. P. Chemical composition and energy value of periphyton in a mesotrophic lake. **Journal of Hydrobiology**, v. 29, p. 34-38 1993.

MILSTEIN, A. **Fish species interactions**. Prague: EIFAC/ FAO/SYMP.R.5, 1990.

MILSTEIN, A. Do management procedures affect the ecology of warm water polyculture ponds? **Word Aquaculture**, Baton Rouge, v. 28, n. 3, p. 12-19, 1997.

MILSTEIN, ANA. et al. Utilization of periphytic natural food as partial replacement of commercial food in organic tilapia culture - an overview. Transylv. **Rev. Syst. Ecol. Res.** v. 15.1, p. 49-60, 2013.

NIELSEN, P. H.; JAHN, A.; PALMGREN, R. Conceptual model for production and composition of exopolymers in biofilms. **Water Science and Technology**, 36, p. 11-19, 1997.

NUNES, Z. M. P.; LAZZARO, X.; PERET, A. C. Influência da biomassa inicial sobre o crescimento e a produtividade de peixes em sistema de policultivo. Lavras, **Ciência Agrotécnica**, v. 30, n. 6, p. 1083-1090, 2006.

OSTRENSKY, A.; BOEGER, W. Piscicultura: Fundamentos e Técnicas de Manejo – Guaíba: **Agropecuária**, p. 211, 1998.

PÉREZ, G. R. **Fundamentos de limnologia neotropical**. Colombia: Ed. Universidad de Antioquia, 1992. 529 p.

PROENÇA, C. E. M.; BITTENCOURT, P. R. L.; **Manual de piscicultura tropical**. Brasília: IBAMA, M.M.A., 1994. 196 p.

R CORE TEAM. R: a language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, 2013.

RESENDE, E. K. et al. Avaliação do crescimento e da produção de jaraqui (*Semaprochilodus spp*), em açude de igarapé de terra firme nos arredores de Manaus, Amazonas. **Acta Amazonica**, v. 15, n. 1-2, p. 19-36, 1985.

ROLIM, P. R. A infra - estrutura básica para criação de peixes no Amazonas. In: VAL, A.L.; HONCZARYK, A. **Criando peixes na Amazônia**. Manaus: INPA, 1995. p. 7-16

SÀ, M. F. P.; BARBIERI, G.; VERANI, J. R. Análise do comportamento de *Cyprinus carpio*, *Prochilodus cearenses* e *Colossoma macropomum* em experimento de policultivo, embasado nos fatores de condição. São Paulo, **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 26, n. 2, p. 181-188, 2000.

SAIKIA SURJYA K. Review on Periphyton as Mediator of Nutrient Transfer in Aquatic Ecosystems. **Ecologia Balkanica**, v. 3, Issue 2, p. 65-78, 2011.

SAINT-PAUL, U. Durnal routine O<sub>2</sub> consumption at different O<sub>2</sub> concentration by *Colossoma macropomum* and *Colossoma brachypomum* (Teleostei: Serrasalminidae). **Comparative Biochemistry and Physiology**, Vancouver, v. 89 A, p. 675-682, 1988.

SAINT-PAUL, U. Physiological adaptation to hypoxia of a neotropical characoid fish *Colossoma macropomum*, Serrasalminidae. **Environmental Biology of Fishes**, Amsterdam, v. 11, p. 53-62, 1984.

SIBBING, F. A.; WITTE, F. Adaptation to Feeding in Herbivorous Fish (Cyprinidae and Cichlidae). In: PERIPHYTON: Ecological, Exploitation and Management. CABI Publishing. Wallingford, Oxfordshire OX10 8DE, UK. 2005. 319 p.

SILVA, A. M. D.; GOMES, L. C.; ROUBACH, R. Growth, yield, water and effluent quality in ponds with different management during tambaqui juvenile production. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 42, n. 5, p. 733-740, 2007.

- TAVARES, L. H. S. **Limnologia Aplicada à Aquicultura**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 70 p.
- THOMÉ SOUZA, M. F. **Estatística Pesqueira do Amazonas e Pará - 2004**. Manaus: Ibama/ProVárzea, 2007. 74 p.
- TORRES L.; LASCARRO, J. Engorde de bocachico (*Prochilodus reticulatus magdalenae* Steindachner 1878) comparando três tratamentos de abonado (boñiga, boñiga-taruya, 30-10-15) y ensayando substratos para perifiton. Tesis (Grado)-Universidad del Magdalena, [Santa Marta, Colombia], 1993.
- UDDIN, M. S et al. Technical evaluation of tilapia (*Oreochromis niloticus*) monoculture and tilapia–prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) polyculture in earthen ponds with or without substrates for periphyton development. **Aquaculture**, v. 269, p. 232-240, 2007.
- UDDIN, M. S. et al. Technical evaluation of tilapia *Oreochromis niloticus* monoculture and tilapia prawn *Macrobrachium rosenbergii* polyculture in earthen ponds with and without substrates for periphyton development. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 269, p. 232- 240, 2007.
- VAN DAM, A. A. et al. The potential of fish production based on periphyton. **Reviews in Fish Biology and Fisheries**. . v. 12, p. 1-31, 2002.
- VISBAL,T. E. B. Nivel óptimo de proteínas en la dieta para alevines de *Prochilodus mariae*. **Rev Chil Nutr**, v. 40, n. 2, p.141, 2013.
- WAHAB, M. A.; KIBRIA, M. G. Katha and kua fisheries- unusual fishing methods in Bangladesh. **Aquaculture New**, p. 18-24 1994.
- YAKUPITIYAGE, A. Constraints to the use of plant fodder as fish feed in tropical small-scale tilapia culture systems: an overview. In: S.J. Kaushik; P. Luquet, (Eds.). **Fish Nutrition in Practice**. Paris, France: Institut National de la Recherche Agronomique, 1993. 681-689 p.
- ZAR, J. H. **Biostatistical analysis**. 2th ed. Jew Jersey, USA: Prentice Hall, 1984. 718p.