



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA

HYAGO JOVANE BORGES DE OLIVEIRA

Recria do pirarucu *Arapaima gigas* em viveiros escavados e em tanques-rede

Florianópolis

2020

Hyago Jovane Borges de Oliveira

Recria do pirarucu *Arapaima gigas* em viveiros escavados e em tanques-rede

Dissertação submetida ao Programa de Pós
Graduação em Aquicultura da Universidade Federal
de Santa Catarina para a obtenção do título de
Mestre em Aquicultura.

Orientador: Dr. Alex Pires de Oliveira Nuñez

Coorientador: Dr^a Flávia Tavares de Matos

Florianópolis

2020

Hyago Jovane Borges de Oliveira

Recria do pirarucu *Arapaima gigas* em viveiros escavados e em tanques-rede

O presente trabalho em nível de Mestrado foi avaliado e aprovado por banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Alex Pires de Oliveira Nuñez, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Robson Andrade Rodrigues, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Viviane Rodrigues Verdolin dos Santos, Dra.
Embrapa Pesca e Aquicultura

Certificamos que esta é a **versão original e final** do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de mestre em Aquicultura.

Profa. Dra. Leila Hayashi
Coordenação do Programa de Pós Graduação em Aquicultura

Prof. Dr. Alex Pires de Oliveira Nuñez
Orientador

Florianópolis, 2020.

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Oliveira, Hyago Jovane Borges de
Recria do pirarucu Arapaima gigas em viveiros escavados
e em tanques-rede / Hyago Jovane Borges de Oliveira ;
orientador, Alex Pires de Oliveira, coorientador, Flávia
Tavares de Matos, 2020.
58 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós
Graduação em Aquicultura, Florianópolis, 2020.

Inclui referências.

1. Aquicultura. 2. alimento natural. 3. desempenho
zootécnico. 4. tanques-rede. 5. viveiros escavados. I.
Oliveira, Alex Pires de . II. Matos, Flávia Tavares de .
III. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de
Pós-Graduação em Aquicultura. IV. Título.

Dedico este trabalho a todos aqueles que diariamente, no campo, no laboratório ou na sua sala investem seus esforços no crescimento do agronegócio em toda a sua cadeia, em especial àqueles voltados para desenvolvimento da Aquicultura brasileira.

AGRADECIMENTOS

À Deus por me fazer sentir Sua presença constante.

Ao meu orientador Dr. Alex Pires de Oliveira Nuñez, pela confiança em ter me aceito como seu orientado, pelo acolhimento e suporte durante todo esse período de mestrado.

À minha coorientadora Dr^a. Flávia Tavares de Matos, por aceitar o desafio desta coorientação, pelo apoio logístico durante o experimento, pelas conversas e conselhos que levarei para a vida e por todos os cafés que tomei na sua sala.

Aos bolsistas, Hygo Jovane (irmão) e Lorhane Caroline, por toda a colaboração na execução desse estudo. Sem a ajuda de vocês nada disso teria sido concretizado. Serei eternamente grato!

Às pesquisadoras da Embrapa Pesca e Aquicultura, Msc. Adriana Ferreira Lima e Msc. Patrícia Oliveira Maciel, pelo apoio e tomada de decisões para o sucesso deste estudo, no auxílio logístico com empréstimos de materiais e equipamentos durante a execução do experimento e pelo valioso auxílio na interpretação, análises laboratoriais e redação da dissertação, além de conversas e conselhos valiosos para a vida pessoal e profissional.

À toda equipe do Laboratório de Biologia Aquática e de Sanidade de Peixes da Embrapa Pesca e Aquicultura, que foram fundamentais, apoiaram-me nas mais diversas maneiras e sempre estiveram dispostos a ajudar. Cada um tem uma parcela de contribuição neste trabalho: Pollyana Alves, Suzane Varela, André Silvério, Anderson Guilherme, Vinicius Velame e Rosimery Frisso.

À todas as pessoas do Projeto Sucupira, em especial ao Sr. Enoque, pelos ensinamentos sobre o manejo de peixes em tanques-rede e por toda a ajuda prestada, principalmente na alimentação diária dos peixes nos tanques-rede.

Aos professores da Pós-Graduação em Aquicultura da UFSC, pelos ensinamentos ao longo do curso.

Aos queridos amigos da Pós-Graduação: Pollyana Alves, Jeisa Castro, Gracienhe Gomes, Uclédia Roberta, Jeanderson da Silva, João Cunha, Luciany Sampaio, Ellen Monique, Rafael Romaneli e Denis Gomes por toda a parceria dentro e fora da universidade.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior Brasil - (CAPES) - Código de Financiamento 001.

À Embrapa Pesca e Aquicultura e ao Aquitech, pelos recursos financeiros e logísticos para a execução do experimento.

E, por fim, agradeço a minha família por todo amor e incentivo nas tomadas de decisões da minha vida e por nunca me deixar desistir dos meus sonhos. Em especial aos meus pais Sr. Cley Jovane de Oliveira e Sr^a Dilma Borges de Sousa por serem meu espelho e estarem sempre prontos para me ajudar em tudo. Obrigado por nunca medirem esforços em me ajudar a alcançar meus objetivos.

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito dos sistemas de produção semi-intensivo (viveiros escavados) e intensivo (tanques-rede) sobre os aspectos produtivos e econômicos do pirarucu, *Arapaima gigas*, na fase de recria. O estudo foi conduzido por 105 dias, considerando-se viveiros escavados (300 m²) e tanques-rede (4,0 m³) como tratamentos, aplicados a quatro repetições. Alevinos de pirarucu (28,03 ± 6,34 g e 11,75 ± 0,80 cm) foram estocados nas densidades de 0,4 peixes/m² nos viveiros e de 40 peixes/m³ nos tanques-rede, que foram alimentados diariamente com ração comercial extrusada para peixes carnívoros, com teor de proteína bruta de 40 ou 45%, de acordo a faixa de peso dos animais. Quinzenalmente foram realizadas biometrias para obtenção do comprimento padrão e do peso de peixes ($n=20$) de cada unidade experimental. A temperatura, o pH, a transparência da água e a concentração de oxigênio dissolvido foram mensuradas três vezes por semana, enquanto a alcalinidade, a dureza e as concentrações de nitrito, amônia ionizada e não ionizada foram analisadas semanalmente. A disponibilidade de alimento natural foi amostrada a cada biometria, a partir da amostragem do fitoplâncton, do zooplâncton e dos insetos presentes na água. Adicionalmente, o conteúdo estomacal de peixes de cada unidade experimental ($n=5$) foi utilizado para análise quantitativa e qualitativa dos itens alimentares (insetos, vegetais, fitoplâncton, sedimento, copépodes, cladóceros e rotíferos) em cada uma das biometrias. Ao final do experimento foram calculadas a sobrevivência, a conversão alimentar aparente, os coeficientes de variação do comprimento padrão (CVCP) e do peso final (CVPf) e a taxa de crescimento específico, e aplicada uma análise econômica parcial, considerando os custos operacionais de cada tratamento. A qualidade da água permaneceu dentro da faixa aceitável para a espécie ao longo do estudo. A sobrevivência foi mais elevada nos viveiros (97,5%) do que nos tanques-rede (73,9%). O comprimento padrão e o peso final foram mais altos nos viveiros (43,03 ± 1,40 cm; 943,5 ± 9,01) do que nos tanques-rede (38,00 ± 0,75 g; 834,78 ± 21,06 cm), com coeficientes de variação (CVCP e CVPf) mais baixos nos peixes dos viveiros. A conversão alimentar foi menor nos peixes dos viveiros (0,96 ± 0,06) do que no dos tanques-rede (1,20 ± 0,11). Embora tenha sido utilizada ração artificial, *A. gigas* também ingeriu o alimento natural presente na água dos dois sistemas de produção. A abundância relativa do zooplâncton no estômago diminuiu com o aumento do peso dos peixes, diferentemente dos insetos, para os quais foi registrada maior abundância na classe final de peso 801-1.000 g, tanto nos viveiros (18,82%) quanto nos tanques-rede (3,59%). Esse padrão de aumento foi observado para a ração e para o sedimento, porém estes itens foram mais abundantes nos estômagos dos peixes dos tanques-rede em todas as classes de peso. Deste modo, juvenis de pirarucu com peso até 300 g apresentaram preferência alimentar distinta daqueles nas faixas de 300-600 g e de 600-1.000 g em ambos os sistemas de produção; além disso, o índice de seletividade alimentar dos itens naturais foi maior para cladóceros e insetos nos viveiros escavados, e para copépodes nos tanques-rede. *Arapaima gigas* de até 1.000 g consumiram alimento natural quando cultivados em tanques-rede e em viveiros, com maior contribuição do alimento natural neste último, mesmo na presença de alimento artificial. Os melhores índices de eficiência econômica e de custo médio foram registrados nos viveiros escavados. Neste sentido concluiu-se que o sistema de produção em viveiros escavados foi o melhor para o cultivo de *A. gigas* durante a fase de recria.

Palavras-chave: Aquicultura; alimento natural; desempenho zootécnico; tanques-rede; viveiros escavados.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of semi-intensive (excavated nurseries) and intensive (cages) production systems on the productive and economic aspects of the pirarucu, *Arapaima gigas*, in the growing season. The study was conducted for 105 days, considering excavated nurseries (300 m²) and cages (4.0 m³) as treatments, applied to four replications. Pirarucu fry (28.03 ± 6.34 g and 11.75 ± 0.80 cm) were stocked at densities of 0.4 fish / m² in nurseries and 40 fish / m³ in cages, which were fed daily with commercial feed extruded for carnivorous fish, with 40 or 45% crude protein content, according to the animals' weight range. Biometrics were performed biweekly to obtain the standard length and fish weight (n = 20) of each experimental unit. Temperature, pH, water transparency, and dissolved oxygen concentration were measured three times a week, while alkalinity, hardness, and nitrite concentrations, ionized and non-ionized ammonia were analyzed weekly. Natural food availability was sampled at each biometry, from the sampling of phytoplankton, zooplankton, and insects present in the water. Additionally, fish's stomach content from each experimental unit (n = 5) was used for quantitative and qualitative analysis of food items (insects, vegetables, phytoplankton, sediment, copepods, cladocerans, and rotifers) in each biometry. At the end of the experiment, survival, apparent feed conversion, coefficients of variation of standard length (CVCP), and final weight (CVPf), and specific growth rate were calculated. A partial economic analysis was applied, considering the operating costs of each treatment. The water quality remained within the acceptable range for the species throughout the study. Survival was higher in nurseries (97.5%) than in cages (73.9%). Standard length and final weight were higher in nurseries (43.03 ± 1.40 cm; 943.5 ± 9.01) than in cages (38.00 ± 0.75 g; 834.78 ± 21, 06 cm), with lower coefficients of variation (CVCP and CVPf) lower in fish from farms. Feed conversion was lower in fish in ponds (0.96 ± 0.06) than in cages (1.20 ± 0.11). Although artificial feed was used, *A. gigas* also ingested the natural food present in the two production systems' water. The relative abundance of zooplankton in the stomach decreased with the increase in fish weight, unlike insects, for which greater abundance was registered in the final weight class 801-1,000 g, both in nurseries (18.82%) and in cages (3.59%). This pattern of the increase was observed for feed and sediment, but these items were more abundant in caged fish's stomachs in all weight classes. In this way, pirarucu juveniles weighing up to 300 g showed a different food preference than those in the 300-600 g and 600-1,000 g ranges in both production systems; also, the index of food selectivity of natural items was higher for cladocerans and insects in the excavated nurseries and copepods in the cages. *A. gigas* of up to 1,000 g consumed natural food when grown in cages and nurseries, with a more significant contribution of natural food in the latter, even in the presence of artificial food. The best rates of economic efficiency and average cost were registered in the excavated nurseries. In this sense, it was concluded that the production system in excavated nurseries was the best for the cultivation of *A. gigas* during the growing season.

Keywords: Aquaculture; natural food; zootechnical performance, network tanks, excavated nurseries.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Exemplar adulto de *Arapaima gigas*.21
- Figura 2 - Ganho de peso de pirarucu *Arapaima gigas* durante a fase de recria em viveiros escavados e tanques-rede. Letras diferentes correspondem a diferença significativa ($p < 0,05$) entre os sistemas de produção..... 32
- Figura 3 - Densidade dos organismos zooplanctônicos e insetos presentes na água durante a fase de recria em viveiros escavados e em tanques-rede. A) viveiros. B) tanques-rede. 32
- Figura 4 - Peso do conteúdo estomacal de pirarucus *Arapaima gigas* durante a fase de recria em viveiros escavados e em tanques-rede. 33
- Figura 5 - Escores da análise dos componentes principais aplicada aos itens alimentares encontrados no conteúdo estomacal de pirarucus *Arapaima gigas* durante a fase de recria em viveiros escavados. 36
- Figura 6 - Escores da análise dos componentes principais aplicada aos itens alimentares encontrados no conteúdo estomacal de pirarucus *Arapaima gigas* durante a fase de recria em tanques-rede..... 37
- Figura 7 - Abundância média de organismos zooplanctônicos encontrados no estômago de pirarucu, *Arapaima gigas* e na água de cultivo em viveiros escavados, nas diferentes classes de peso. A porcentagem total de abundância desses organismos no estômago em cada classe foi inferior a 100%, porque foi calculada a partir da média de todos os peixes amostrados em cada grupo de peso..... 38
- Figura 8 - Índice de seletividade alimentar (E_i) de pirarucus *Arapaima gigas* criados em viveiros durante a fase de recria. 38
- Figura 9 - Abundância média de organismos zooplanctônicos encontrados no estômago de pirarucus *Arapaima gigas* criados em tanques-rede e na água do reservatório, nas diferentes classes de peso. A porcentagem total de abundância desses organismos no estômago em cada classe foi inferior a 100%, porque foi calculada a partir da média de todos os peixes amostrados em cada grupo de peso. 39
- Figura 10 - Índice de seletividade alimentar (E_i) de pirarucus *Arapaima gigas* criados em tanques-rede durante a fase de recria..... 39

LISTA DE QUADROS

| | |
|--|----|
| Quadro 1 - Características dos principais sistemas de produção aquícolas, relacionados ao uso da água, intensificação da produção e uso de espécies..... | 17 |
|--|----|

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 - Manejo alimentar na recria de pirarucus <i>Arapaima gigas</i> em viveiros escavados e em tanques-rede. | 28 |
| Tabela 2 - Variáveis de qualidade de água (média \pm desvio padrão) durante a recria de pirarucus <i>Arapaima gigas</i> em viveiros e em tanques-rede. | 31 |
| Tabela 3 - Desempenho zootécnico de pirarucus <i>Arapaima gigas</i> em viveiros escavados e em tanques-rede durante a fase de recria. | 31 |
| Tabela 4 - Abundância relativa (%) dos itens alimentares encontrados no conteúdo estomacal de pirarucus <i>Arapaima gigas</i> durante a fase de recria em viveiros escavados (V) e em tanques-rede (T). | 34 |
| Tabela 5 - Frequência de ocorrência (%) dos itens alimentares encontrados no conteúdo estomacal de pirarucu <i>Arapaima gigas</i> durante a fase de recria criados em viveiros escavados (V) e em tanques-rede (T) | 35 |
| Tabela 6 - Valores de compra e venda dos insumos utilizados durante a recria de pirarucus <i>Arapaima gigas</i> em viveiros e tanques-rede durante a fase de recria. | 40 |
| Tabela 7 - Avaliação econômica da criação de pirarucus, <i>Arapaima gigas</i> , em viveiros escavados e em tanques-rede durante a fase de recria. | 41 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations
- SEBRAE - Serviço Brasileiro de Apoio à Micro e Pequenas Empresas

SUMÁRIO

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO GERAL | 15 |
| 1.1 | SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE PEIXES..... | 15 |
| 1.2 | SISTEMAS SEMI-INTENSIVOS..... | 16 |
| 1.3 | SISTEMAS INTENSIVOS | 17 |
| 1.4 | IMPORTÂNCIA DO ALIMENTO NATURAL NA CRIAÇÃO DE PEIXES | 18 |
| 1.5 | ANÁLISE ECONOMICA NA PISCICULTURA..... | 19 |
| 1.6 | PRODUÇÃO DE PIRARUCU EM CATIVEIRO | 20 |
| 2 | OBJETIVOS | 22 |
| 2.1 | OBJETIVO GERAL..... | 22 |
| 2.2 | OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 22 |
| 3 | ARTIGO CIENTÍFICO: | 23 |
| | Produção de pirarucu (<i>Arapaima gigas</i>) em diferentes sistemas de cultivo durante a fase de recria | |
| 3.1 | INTRODUÇÃO..... | 24 |
| 3.2 | MATERIAL E MÉTODOS..... | 26 |
| 3.2.1 | Estrutura e condições experimentais | 26 |
| 3.2.2 | Qualidade da água | 27 |
| 3.2.3 | Crescimento e manejo alimentar..... | 27 |
| 3.2.4 | Plâncton e conteúdo estomacal..... | 28 |
| 3.2.5 | Análise econômica parcial..... | 29 |
| 3.2.6 | Análise estatística..... | 30 |
| 3.3 | RESULTADOS | 30 |
| 3.3.1 | Qualidade DA água | 30 |
| 3.3.2 | Desempenho zootécnico..... | 30 |
| 3.3.3 | Plâncton e conteúdo estomacal..... | 32 |
| 3.3.4 | Análise econômica..... | 40 |
| 3.4 | DISCUSSÃO | 40 |
| 3.5 | CONCLUSÕES | 45 |
| | REFERÊNCIAS..... | 45 |
| | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DA INTRODUÇÃO | 53 |

1 INTRODUÇÃO GERAL

A piscicultura de água doce engloba a produção de peixes em lagos, lagoas, canais, gaiolas ou tanques-rede e em viveiros, e envolve uma vasta cadeia de insumos, sob diferentes níveis de tecnologia e de manejo, sendo este o principal ramo de produção aquícola na atualidade (TROELL et al., 2014). Nesse contexto, o Brasil se destaca pelo grande potencial para esta atividade, devido a abundância de recursos hídricos, diversidade de espécies aquícolas e clima favorável (ROCHA et al., 2013). De acordo com estimativas da FAO (2018), o Brasil deve registrar um crescimento de 104% na produção da pesca e aquicultura em 2025. Segundo esse estudo, durante a próxima década o aumento da produção brasileira será o maior registrado na região, seguido pelo do México (54,2%) e da Argentina (53,9%). Esse crescimento no país está relacionado aos investimentos realizados no setor nos últimos anos.

A produção brasileira de peixes de cultivo atingiu 758.006 toneladas em 2019, crescimento equivalente a 4,9% sobre o ano anterior, de 722.560 toneladas (FAO 2019, PEIXE BR., 2020; IBGE., 2019). Dentre os peixes produzidos no país, a tilápia lidera o ranking com 57% de toda a produção brasileira, seguida pelas espécies nativas (como tambaqui, pintado, pirarucu, e etc.) com 39,85% e os demais grupos (como carpas, truta, panga, e etc.) com 3,15% (PEIXE BR., 2020; IBGE., 2019). Nas propriedades brasileiras, dentre os sistemas de produção piscícolas, o cultivo em viveiros escavados ainda é o mais frequente, com 86,34%, seguido pela produção de peixes em barragens e lagos, com 12,56%, e por último os tanque-redes, com apenas 1,09% (PEIXE BR., 2019).

1.1 SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE PEIXES

Nos últimos anos a aquicultura brasileira tem se destacado por selecionar novas espécies de peixes para diversificar a sua produção. Neste contexto, diversos estudos foram realizados para avaliar a viabilidade e a eficiência dos principais sistemas de produção para diferentes espécies nativas de peixes como o matrinxã *Brycon cephalus* (GOMES et al., 2000); o jundiá *Rhamdia quelen* (BARCELLOS et al., 2004); a cachara *Pseudoplatystoma fasciatum* (LEONARDO et al., 2004); o tambaqui *Colossoma macropomum* (GOMES et al., 2006, SILVA et al., 2007); o pacu *Piaractus mesopotamicus* (ABIMORAD et al., 2009); a piabanha *Brycon insignis* (TOLUSSI et al., 2010); o dourado, *Salminus brasiliensis* (BRAUN et al., 2010) e o pirarucu *Arapaima gigas* (CAVERO et al., 2003, MENEZES et al., 2006).

Muitos sistemas de produção são empregados na piscicultura, e eles variam quanto à qualidade e quantidade de nutrientes utilizados, unidades de produção, dependência de água, manejo e quantidade de espécies produzidas (LIMA, 2013). Essa variação indica, dentre variados aspectos, o grau de tecnificação, a necessidade de água e a densidade de animais no cultivo. Na maioria dos sistemas de produção, os principais parâmetros indicativos são o custo de produção, a utilização do alimento natural, a dependência de ração pelos peixes e a susceptibilidade a doenças (LIMA et al., 2013).

No Brasil, a piscicultura é praticada predominantemente na forma de monoculturas semi-intensivas em viveiros escavados (SCHULTER, 2017). Entretanto, com o crescimento da atividade, muitos produtores têm intensificado seus sistemas de produção, agregando novas tecnologias de produção, como o uso de aeradores e alimentadores automáticos. O Quadro 1 resume as principais características dos sistemas de produção aquícolas.

1.2 SISTEMAS SEMI-INTENSIVOS

Os sistemas semi-intensivos de produção de peixes, que ainda são os mais utilizados pelos produtores no Brasil, são menos tecnificados, e são caracterizados pela utilização de barragens ou viveiros escavados com ou sem renovação de água (LIMA et al., 2013). Uma característica importante desse tipo de sistema é a fertilização dos viveiros, que é realizada para aumentar a produtividade de organismos planctônicos, fontes primárias de alimento utilizadas pelos peixes cultivados.

No entanto, para que se atinja maior produtividade de peixes, é necessário que haja o fornecimento de ração balanceada para complementar a alimentação natural, além do acompanhamento diário dos parâmetros físicos e químicos de qualidade da água (VIDAL JUNIOR, 2006).

Outro aspecto deste sistema é o uso de terras com preços elevados (SCHMITTOU, 1997), e a alta produção de algas (ZIMMERMANN e FITZSIMMONS, 2004) devido à oferta de compostos nitrogenados, que provoca problemas na qualidade da água (SCORVO et al., 2004).

Quadro 1 - Características dos principais sistemas de produção aquícolas, relacionados ao uso da água, intensificação da produção e uso de espécies.

| Sistema de produção | Uso da água |
|----------------------------|--|
| Estático | <ul style="list-style-type: none"> • Baixa renovação de água (Somente para repor perdas por evaporação e/ou infiltração; • Menor produtividade. |
| Com renovação de água | <ul style="list-style-type: none"> • Renovação contínua de água; • Alta produtividade; • Geração de efluentes. |
| Com recirculação de água | <ul style="list-style-type: none"> • Produtividade moderada; • Alto custo de implantação e produção; • O efluente é tratado em sistema de filtragem e retorna ao meio de cultivo. |
| Sistema de produção | Intensificação da produção |
| Extensivo | <ul style="list-style-type: none"> • Baixa intervenção do homem; • Uso do alimento natural disponível da estrutura produtiva; • Uso de ração eventual ou nulo; • Baixo custo de produção e produtividade. |
| Semi-intensivo | <ul style="list-style-type: none"> • Uso do alimento natural disponível da estrutura produtiva; • Uso de ração como complemento ao alimento natural; • Regime de produção predominante no Brasil; • Custo de produção e produtividade moderadas. |
| Intensivo | <ul style="list-style-type: none"> • Ração como alimento principal; • Altas densidades de estocagem; • Alto custo e risco de produção; • Alta produtividade. |
| Sistema de produção | Utilização das espécies |
| Consortiado | <ul style="list-style-type: none"> • Produção de um ou mais organismo aquático em associação com organismos terrestres animais ou vegetais; • Aproveitamento de subprodutos entre os cultivos; • Baixa produtividade e problemas de aceitação pelo mercado consumidor |
| Policultivo | <ul style="list-style-type: none"> • Produção de duas ou mais espécies de organismos aquáticos no mesmo ambiente; • Aproveitamento dos nichos tróficos e diversificação da produção; • Manejo mais complexo, com menor volume de produção por produto. |
| Monocultivo | <ul style="list-style-type: none"> • Produção de uma espécie de organismo aquático; • Sistema mais utilizado no Brasil; • Facilidade de produção e maior volume de produção. |

Fonte: Lima (2013).

1.3 SISTEMAS INTENSIVOS

Nos sistemas intensivos, destaca-se a utilização de tanques-rede para a produção de peixes em escala industrial (LIAO et al., 2004). Os tanques-rede são estruturas flutuantes de

diferentes tamanhos e formatos, compostos por redes ou telas que permitem a passagem livre da água, a contenção dos peixes, a proteção contra predadores, e dificultam a competição por alimentos por parte de outros peixes não pertencentes ao sistema de cultivo (SILVA e SIQUEIRA, 1998). Esse tipo de sistema consiste no confinamento de peixes em alta densidade, visando aumentar a produtividade e o desempenho zootécnico da espécie confinada (ONO, 1998).

Dentre as principais vantagens da utilização de tanques-rede em um processo de cultivo TEIXEIRA et al. (2009) destacaram a possibilidade de produção o ano inteiro, o manejo mais simplificado quando comparado com outros tipos de sistema de produção e a obtenção de um produto final com baixa incidência de *off flavor*, além da redução dos custos de implantação, que podem ser 70% mais baixos do que os de tanques escavados.

Como desvantagens podem ser citadas a desuniformidade dos peixes do mesmo lote dentro do tanque, a possibilidade de perda parcial ou total dos organismos cultivados em decorrência de fugas ou acidentes, a dependência de rações altamente balanceadas de acordo com as exigências da espécie cultivada e os potenciais impactos ao meio ambiente, como a alteração da qualidade da água em decorrência do aporte de substâncias orgânicas e inorgânicas em quantidades superiores às assimiláveis pelo sistema, principalmente em ambientes fechados (TEIXEIRA et al., 2009).

1.4 IMPORTÂNCIA DO ALIMENTO NATURAL NA CRIAÇÃO DE PEIXES

Na aquicultura, o termo alimento vivo é utilizado para descrever o grupo de organismos que compõe o plâncton (fitoplâncton e zooplâncton), os insetos e os crustáceos. Para a maioria das espécies de peixes, a importância do plâncton é maior durante o início da vida, nas fases de larvicultura e alevinagem (COWAN, ROSE & HOUDE, 1997; KIBRIA, 1997).

Zooplâncton é um termo que agrupa animais de categorias sistemáticas distintas que tem a coluna d'água como habitat principal, como os protozoários (flagelados, sarcodinos e ciliados) e metazoários (rotíferos, cladóceros, copépodos e larvas de dípteros) (ESTEVES, 1998). Estes animais podem se alimentar de microalgas e de fitoplâncton de alto valor nutricional e podem vir a ser importantes fontes de proteínas, energia, vitaminas, ácidos graxos, pigmentos e esteróis para os peixes (BROWN, 2002, CALVACANTI et al., 2004).

Em geral, os diferentes tipos de alimento natural apresentam altos níveis de proteína de excelente qualidade (HAGIWARA et al., 2001; PORTELLA et al., 2002; SIPAÚBA-TAVARES, 2003; CARVALHO et al., 2003), sendo fontes importantes de vitaminas e minerais

(KUBITZA, 1998; COUTTEAU & SORGELOOS, 1997), além de possuir enzimas necessárias para o crescimento e para a sobrevivência dos peixes (KUROKAWA et al., 1998; KOLKOVSKI, 2001; SIPAÚBA-TAVARES, 2003). KUBITZA (1998) explica que em ambientes naturais os peixes conseguem complementar suas dietas selecionando, entre os diversos itens, os que melhor suprem suas exigências nutricionais, sendo que raramente se observam sintomas de deficiências nutricionais nestas condições.

Na aquicultura intensiva, no entanto, apesar dos esforços em substituir o alimento vivo pelo artificial, muitos aquicultores ainda são dependentes da produção e do uso desses organismos nas fases iniciais de produção dos peixes (CAHU & INFANTE, 2001; KUBITZA & LOVSHIN, 1997; LUZ & PORTELLA, 2015). Desse modo, as espécies de peixes de criação comercial são treinadas a consumir alimentos artificiais, que apresentam composição uniforme e facilidade de armazenamento e manuseio (MUÑOZ et al., 2007, LUZ & PORTELLA, 2015). Entretanto, algumas espécies de peixes, mesmo após estarem acondicionadas à alimentação artificial, continuam consumindo itens alimentares naturais disponíveis no ambiente de cultivo (GEIGER, 1983; SIPAÚBA-TAVARES, 2007; SPATARU, 1983).

A ingestão dos itens alimentares naturais disponíveis no ambiente de criação pode ser benéfica para o crescimento dos peixes, principalmente porque a composição dos alimentos artificiais fornecidos durante a produção ainda não atende as exigências nutricionais de muitas espécies, condição muito comum para as espécies nativas do Brasil (CYRINO et al., 2010). Sendo assim, a complementação das dietas artificiais com alimentos naturais pode ser um dos fatores que explica o melhor desempenho produtivo de uma determinada espécie em sistemas de produção semi-intensivos, onde os alimentos naturais estão disponíveis, em comparação com os sistemas intensivos de produção, nos quais os animais dependem exclusivamente dos alimentos artificiais (BEERLI et al., 2002; MUÑOZ et al., 2007; PEDREIRA et al., 2008 LIRANÇO, 2011).

Considerando isso, torna-se fundamental compreender a participação dos alimentos naturais no cultivo de uma espécie de peixe, principalmente se a ingestão desses itens de algum modo afeta o desempenho produtivo desses animais (BHAKTA, 2004; SIPAÚBA-TAVARES et al., 2010; LIRANÇO, 2011).

1.5 ANÁLISE ECONOMICA NA PISCICULTURA

Em relação às demais atividades agrícolas, a piscicultura brasileira ainda está se desenvolvendo, ou seja, o sistema de produção e suas tecnologias ainda não foram totalmente determinados (BOZANO & CYRINO, 1999). Normalmente, esta atividade encontra

dificuldades na organização e análise dos custos e receitas envolvidos na produção. Poucos estudos conseguem analisar o custo e a lucratividade da produção pesqueira, embora sejam uma ferramenta importante para a obtenção de um panorama fiel do desempenho econômico das empresas (KUBITZA, 2004).

Um piscicultor que investiga adequadamente os custos de produção pode obter uma vantagem ao coletar condições e informações que podem permitir que ele tome decisões adequadas e rápidas, e que suas atividades possam alcançar melhores resultados (BARROS, 2010).

Geralmente, duas estruturas de custos de produção podem ser encontradas: custos operacionais de produção (recomendados para análises de curto prazo) e custos totais de produção (recomendados para análises de longo prazo) (SCORVO FILHO et al., 2004). Essas duas estruturas são ferramentas valiosas pois se bem usadas, vão gerar informações que podem ser utilizadas para avaliar a viabilidade econômica de todas as etapas do processo produtivo. Uma das formas de determinar a viabilidade econômica de um sistema de produção no curto prazo (por exemplo, durante todo o ciclo produtivo) é estudar o comportamento, sua produção e os insumos utilizados, ou seja, através do custo e da receita gerada no sistema produtivo (GUERREIRO, 2012).

Na piscicultura, de acordo com CARNEIRO et al. (1999) e SILVA et al. (2003), os principais indicadores de viabilidade econômica em um sistema de produção são os custos com alevinos e com ração, a conversão alimentar, a taxa de sobrevivência e o preço de venda do peixe.

1.6 PRODUÇÃO DE PIRARUCU EM CATIVEIRO

O pirarucu (*Arapaima gigas*), peixe nativo da região amazônica que pertence à ordem Osteoglossiformes, família Arapaimidae, é considerado um dos maiores peixes de águas doce do mundo, que pode, em ambiente natural, atingir até 3,0 m de comprimento e 200 kg (NELSON, 2006; BARD e IMBIRA, 1986).

Arapaima gigas (Figura 1) apresenta enorme potencial para a piscicultura devido à sua rusticidade e por possuir respiração aérea obrigatória, característica que confere menor risco durante as fases finais de produção quando as concentrações de oxigênio na água de cultivo costumam ficar mais baixas (LIMA et al., 2015). A espécie também pode se tornar importante para cultivos intensivos por atingir altos valores de biomassa, crescimento rápido, aceitação de ração comercial para peixes carnívoros e também por apresentar boa conversão alimentar (ONO, 2004).

O pirarucu sempre foi apontado como a espécie que alavancaria a aquicultura brasileira,

seja pelo seu potencial zootécnico ou pelo mercado favorável. Segundo SEBRAE (2013), a espécie apresenta características vantajosas para ser cultivada em sistemas intensivos, como o rápido crescimento, a boa tolerância ao adensamento, a fácil adaptação a rações comerciais, carne de alta qualidade, alto rendimento de filé (acima de 45%) e elevada demanda e valor de mercado, tanto nacional quanto internacional.

Figura 1 - Exemplar adulto de *Arapaima gigas*.



Foto: Ana Paula Oeda

Em média, o pirarucu atinge entre 8 e 10 kg durante um ciclo de produção de um ano, a partir de juvenis de 15-20 cm já condicionados à ração (IMBIRIBA, 2001), sendo que a variação do crescimento está relacionada à temperatura da água, ao porte inicial dos juvenis e ao manejo da produção (alimentação, densidade de povoamento, entre outros)

A produção de pirarucu pode ser realizada em diferentes sistemas de cultivo, como em viveiros escavados, povoando-se o viveiro com peixes forrageiros e utilizando-se ou não as rações balanceadas (IMBIRIBA, 2001). Pereira-Filho et al. (2003) conduziram experimento com pirarucus com peso inicial de 133,3 g, e após o período de 12 meses observaram o peso final de 7,0 kg e conversão alimentar de 1,12.

Outra possibilidade é a utilização de tanques-rede, nos quais a produção pode ser dividida em duas etapas, sendo a primeira em tanques-rede de pequeno volume, e a segunda em tanques-rede de grande volume (CAVERO et al., 2003, OLIVEIRA et al., 2012). A utilização de tanques-rede de pequeno volume, durante o período de pré-engorda, é considerada uma boa estratégia. CAVERO et al. (2003b) utilizando tanques-rede de 1,0 m³, na densidade de 23 peixes/m³ e com peso inicial de 10 g, verificaram que aos 140 dias os peixes apresentaram peso médio de 1,06 kg, e conversão alimentar de 1,12. No entanto, após 140 dias apresentaram desaceleração do crescimento. Como apontado por Oliveira et al. (2012), que avaliaram os

índices zootécnicos de pirarucus criados em tanques redes de 4,0 m³ em duas densidades, 10 e 12,5 peixes/m³, em um segundo momento esses peixes poderiam ser transferidos para tanques-rede maiores. Os peixes iniciaram o estudo com peso médio de 33 g e após 140 dias de experimento, apresentaram o peso final de 2.630 e 2.138 g para os tratamentos com menor e maior densidade, respectivamente, ambos com taxa de conversão alimentar de 1,20.

O pirarucu é considerado a oitava espécie mais produzida no país, pois sua produção passou de mil toneladas em 2011 para 4,2 mil toneladas em 2017 (IBGE, 2019). No entanto, algumas barreiras ainda impedem a expansão do seu cultivo, e entre elas destaca-se a limitada oferta de alevinos, que ainda é proveniente de desovas naturais, para as quais a falta de conhecimento sobre manejo da prole resulta em baixa sobrevivência, entre 10 e 20% (ONO, 2011).

Deste modo, como ainda não há tecnologia para a reprodução artificial da espécie, o que ocasiona uma baixa oferta de juvenis, de elevado custo, torna-se muito importante analisar o desempenho desta espécie em diferentes sistemas de produção, principalmente durante as fases iniciais de vida, analisando-se também a participação do alimento vivo presente na água e comparando os custos de produção em diferentes sistemas de cultivo.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito dos sistemas de produção semi-intensivo (viveiros escavados) e intensivo (tanques-rede) nos aspectos produtivos e econômicos do pirarucu na fase de recria.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Avaliar os parâmetros zootécnicos dos peixes cultivados nesses dois sistemas de produção na fase de recria.
- b) Analisar e comparar a ingestão de alimentos naturais pelos peixes nesses dois sistemas de produção na fase de recria.
- c) Analisar a viabilidade econômica do cultivo da espécie nesses dois sistemas de produção na fase de recria.

3 ARTIGO CIENTÍFICO:

PRODUÇÃO DE PIRARUCU (*Arapaima gigas*) EM DIFERENTES SISTEMAS DE CULTIVO DURANTE A FASE DE RECRIA

Resumo: O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito dos sistemas de produção semi-intensivo (viveiros escavados) e intensivo (tanques-rede) sobre os aspectos produtivos e econômicos do pirarucu, *Arapaima gigas*, na fase de recria. O estudo foi conduzido por 105 dias, considerando-se viveiros escavados (300 m²) e tanques-rede (4,0 m³) como tratamentos, aplicados a quatro repetições. Alevinos de pirarucu (28,03 ± 6,34 g e 11,75 ± 0,80 cm) foram estocados nas densidades de 0,4 peixes/m² nos viveiros e de 40 peixes/m³ nos tanques-rede, que foram alimentados diariamente com ração comercial extrusada para peixes carnívoros, com teor de proteína bruta de 40 ou 45%, de acordo a faixa de peso dos animais. Quinzenalmente foram realizadas biometrias para obtenção do comprimento padrão e do peso de peixes (n=20) de cada unidade experimental. A temperatura, o pH, a transparência da água e a concentração de oxigênio dissolvido foram mensuradas três vezes por semana, enquanto a alcalinidade, a dureza e as concentrações de nitrito, amônia ionizada e não ionizada foram analisadas semanalmente. A disponibilidade de alimento natural foi amostrada a cada biometria, a partir da amostragem do fitoplâncton, do zooplâncton e dos insetos presentes na água. Adicionalmente, o conteúdo estomacal de peixes de cada unidade experimental (n=5) foi utilizado para análise quantitativa e qualitativa dos itens alimentares (insetos, vegetais, fitoplâncton, sedimento, copépodes, cladóceros e rotíferos) em cada uma das biometrias. Ao final do experimento foram calculadas a sobrevivência, a conversão alimentar aparente, os coeficientes de variação do comprimento padrão (CVCP) e do peso final (CVPf) e a taxa de crescimento específico, e aplicada uma análise econômica parcial, considerando os custos operacionais de cada tratamento. A qualidade da água permaneceu dentro da faixa aceitável para a espécie ao longo do estudo. A sobrevivência foi mais elevada nos viveiros (97,5%) do que nos tanques-rede (73,9%). O comprimento padrão e o peso final foram mais altos nos viveiros (43,03 ± 1,40 cm; 943,5 ± 9,01) do que nos tanques-rede (38,00 ± 0,75 g; 834,78 ± 21,06 cm), com coeficientes de variação (CVCP e CVPf) mais baixos nos peixes dos viveiros. A conversão alimentar foi menor nos peixes dos viveiros (0,96 ± 0,06) do que no dos tanques-rede (1,20 ± 0,11). Embora tenha sido utilizada ração artificial, *A. gigas* também ingeriu o alimento natural presente na água dos dois sistemas de produção. A abundância relativa do zooplâncton no estômago diminuiu com o aumento do peso dos peixes, diferentemente dos insetos, para os quais foi registrada maior abundância na classe final de peso 801-1.000 g, tanto nos viveiros (18,82%) quanto nos tanques-rede (3,59%). Esse padrão de aumento foi observado para a ração e para o sedimento, porém estes itens foram mais abundantes nos estômagos dos peixes dos tanques-rede em todas as classes de peso. Deste modo, juvenis de pirarucu com peso até 300 g apresentaram preferência alimentar distinta daqueles nas faixas de 300-600 g e de 600-1.000 g em ambos os sistemas de produção; além disso, o índice de seletividade alimentar dos itens naturais foi maior para cladóceros e insetos nos viveiros escavados, e para copépodes nos tanques-rede. *Arapaima gigas* de até 1.000 g consumiram alimento natural quando cultivados em tanques-rede e em viveiros, com maior contribuição do alimento natural neste último, mesmo na presença de alimento artificial. Os melhores índices de eficiência econômica e de custo médio foram registrados nos viveiros escavados. Neste sentido concluiu-se que o sistema de produção em viveiros escavados foi o melhor para o cultivo de *A. gigas* durante a fase de recria.

Palavras-chave: alimento natural; desempenho zootécnico; tanques-rede; viveiros escavados.

Abstract: The objective of this study was to evaluate the effect of semi-intensive (excavated nurseries) and intensive (cages) production systems on the productive and economic aspects of the pirarucu, *Arapaima gigas*, in the growing season. The study was conducted for 105 days, considering excavated nurseries (300 m²) and cages (4.0 m³) as treatments, applied to four replications. Pirarucu fry (28.03 ± 6.34 g and 11.75 ± 0.80 cm) were stocked at densities of 0.4 fish / m² in nurseries and 40 fish / m³ in cages, which were fed daily with commercial feed extruded for carnivorous fish, with 40 or 45% crude protein content, according to the animals' weight range. Biometrics were performed biweekly to obtain the standard length and fish weight (n = 20) of each experimental unit. Temperature, pH, water transparency, and dissolved oxygen concentration were measured three times a week, while alkalinity, hardness, and nitrite concentrations, ionized and non-ionized ammonia were analyzed weekly. Natural food availability was sampled at each biometry, from the sampling of phytoplankton, zooplankton, and insects present in the water. Additionally, fish's stomach content from each experimental unit (n = 5) was used for quantitative and qualitative analysis of food items (insects, vegetables, phytoplankton, sediment, copepods, cladocerans, and rotifers) in each biometry. At the end of the experiment, survival, apparent feed conversion, coefficients of variation of standard length (CVCP), and final weight (CVPf), and specific growth rate were calculated. A partial economic analysis was applied, considering the operating costs of each treatment. The water quality remained within the acceptable range for the species throughout the study. Survival was higher in nurseries (97.5%) than in cages (73.9%). Standard length and final weight were higher in nurseries (43.03 ± 1.40 cm; 943.5 ± 9.01) than in cages (38.00 ± 0.75 g; 834.78 ± 21, 06 cm), with lower coefficients of variation (CVCP and CVPf) lower in fish from farms. Feed conversion was lower in fish in ponds (0.96 ± 0.06) than in cages (1.20 ± 0.11). Although artificial feed was used, *A. gigas* also ingested the natural food present in the two production systems' water. The relative abundance of zooplankton in the stomach decreased with the increase in fish weight, unlike insects, for which greater abundance was registered in the final weight class 801-1,000 g, both in nurseries (18.82%) and in cages (3.59%). This pattern of the increase was observed for feed and sediment, but these items were more abundant in caged fish's stomachs in all weight classes. In this way, pirarucu juveniles weighing up to 300 g showed a different food preference than those in the 300-600 g and 600-1000 g ranges in both production systems; also, the index of food selectivity of natural items was higher for cladocerans and insects in the excavated nurseries and copepods in the cages. *A. gigas* of up to 1,000 g consumed natural food when grown in cages and nurseries, with a more significant contribution of natural food in the latter, even in the presence of artificial food. The best rates of economic efficiency and average cost were registered in the excavated nurseries. In this sense, it was concluded that the production system in excavated nurseries was the best for the cultivation of *A. gigas* during the growing season.

Keywords: Cages; natural food; ponds; zootechnical performance.

3.1 INTRODUÇÃO

A piscicultura continental brasileira tem apresentado expressivo crescimento nos últimos anos e nesse desenvolvimento tem-se buscado identificar espécies alternativas para diversificar a produção. Neste contexto, estudos têm sido realizados para avaliar o potencial de cultivo de diferentes espécies nativas de peixes, como o matrinxã *Brycon cephalus* (GOMES et al., 2000), o jundiá *Rhamdia quelen* (BARCELLOS et al., 2004), a cachara *Pseudoplatystoma fasciatum* (LEONARDO et al., 2004), o tambaqui *Colossoma macropomum* (GOMES et al., 2006, SILVA

et al., 2007), o pacu *Piaractus mesopotamicus* (ABIMORAD et al., 2009), a piabanha *Brycon insignis* (TOLUSSI et al., 2010), o dourado *Salminus brasiliensis* (BRAUN et al., 2010) e o pirarucu *Arapaima gigas* (CAVERO et al., 2003, MENEZES et al., 2006).

Dentre esses, o pirarucu, espécie de peixe nativa da bacia Amazônica, apresenta enorme potencial para a piscicultura, com características de desempenho zootécnico de interesse para o setor produtivo, como rusticidade e respiração aérea obrigatória, o que confere menor risco durante as fases finais de cultivo (LIMA et al., 2015), e mercado nacional e internacional favorável (FAO., 2012; SCHAEFER et al., 2012). A partir de juvenis já condicionados à ração, o pirarucu atinge entre 8 e 10 kg durante o ciclo de produção de um ano (IMBIRIBA, 2001; LIMA, 2020), sendo esta variação relacionada à temperatura da água, ao tamanho inicial dos juvenis, ao sistema de produção utilizado e a característica do manejo da produção, como alimentação e densidade de estocagem (SEBRAE, 2010, LIMA, 2020).

Atualmente, o pirarucu é criado principalmente na região Norte do Brasil, que produziu 1.838,5 t em 2018 (IBGE, 2019). Sua produção ocorre principalmente em sistemas semi-intensivos em viveiros e barragens, com ou sem renovação de água (REBELATTO JÚNIOR, 2015; LIMA et al., 2013). Nesses sistemas há possibilidade de fertilização dos viveiros, processo que objetiva aumentar a produtividade de organismos planctônicos que são utilizados pela espécie na fase de recria (LIMA et al., 2018), o que pode resultar em diminuição dos custos com alimentação.

Por outro lado, sistemas intensivos de produção vêm sendo difundido para a criação desta espécie (SEBRAE, 2010), devido a sua tolerância ao adensamento e a fácil adaptação a rações comerciais (ONO; KEHDI, 2013). No sistema de cultivo em tanques-rede, TEIXEIRA (2009) destacou a possibilidade de produção de pirarucu durante o ano inteiro, com manejo mais simplificados e redução dos custos de implantação em até 70% em relação aos viveiros escavados. No entanto, o autor não avaliou o impacto da produção em tanques-rede nos custos de produção quando comparados aos viveiros ou barragens.

A ingestão de itens alimentares naturais disponíveis no ambiente de criação pode ser benéfica para o crescimento dos peixes, principalmente porque a composição dos alimentos artificiais fornecidos durante a produção ainda não atende as exigências nutricionais de muitas espécies, condição muito comum para as espécies nativas do Brasil (CYRINO et al., 2010). Sendo assim, a complementação das dietas artificiais com alimentos naturais disponíveis no ambiente de produção pode ser um dos fatores que explica o melhor desempenho produtivo de uma determinada espécie em sistemas de produção semi-intensivo em comparação com os

sistemas intensivos de produção, nos quais os animais dependem exclusivamente dos alimentos artificiais (BEERLI et al., 2002; MUÑOZ et al., 2007; PEDREIRA et al., 2008 LIRANÇO, 2011).

Essa vantagem produtiva pode ocorrer na fase de recria do pirarucu, que é caracterizada pelo cultivo de peixes de 10-15 cm (10-20 g) até que eles atinjam 40-50 cm (500-1.000 g), período no qual a espécie ingere maior quantidade de organismos planctônicos (OLIVEIRA et al., 2005; QUEIROZ e SARDINHA, 1999).

Deste modo, como ainda não há tecnologia para a reprodução artificial da espécie, o que ocasiona uma baixa oferta de juvenis, de elevado custo, torna-se muito importante analisar o desempenho desta espécie em diferentes sistemas de produção, principalmente durante as fases iniciais de vida, analisando-se também a participação do alimento vivo presente na água e comparando os custos de produção em diferentes sistemas de cultivo.

Sendo assim, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito dos sistemas de produção semi-intensivo (viveiros escavados) e intensivo (tanques-rede) sobre os aspectos produtivos e econômicos do pirarucu na fase de recria.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no Parque Aquícola Sucupira, situado no Reservatório da usina hidrelétrica Luís Eduardo Magalhães (-10.085680 latitude, -48.366791 longitude), onde estavam localizados os tanques-rede e no Centro Experimental em Aquicultura da Embrapa Pesca e Aquicultura (-10,13342157 latitude e -48.31679707 longitude), onde estavam localizados os viveiros escavados, ambos localizados na cidade de Palmas (TO), por 105 dias. Este estudo foi aprovado pela Comissão de Ética para Uso de Animais da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (CEUA-CNPASA), com o certificado nº 50, protocolo 02/2019.

3.2.1 Estrutura e condições experimentais

Para a condução do experimento, alevinos de pirarucu com peso médio e comprimento padrão de $28,03 \pm 6,34$ g e $11,75 \pm 0,80$ cm, respectivamente, foram adquiridos de uma piscicultura comercial localizada em Palmas - TO. O estudo consistiu em avaliar dois sistemas de produção para a fase de recria: viveiros escavados (VE) e tanques-rede (TR) alocados em reservatório, configurando dois tratamentos, com quatro repetições cada.

Os viveiros escavados foram protegidos com linhas anti-pássaros, possuíam 300 m² (15 x 30 m) de lâmina d'água, profundidade média de 1,5 m e renovação de água de 4,0 l/min. Cada

viveiro foi povoado com 120 alevinos, conferindo uma densidade de 0,4 alevino/m² (SEBRAE, 2013). Antes do início do experimento, os viveiros foram parcialmente drenados, receberam 150 g de cal virgem/m² e após sete dias foram reabastecidos. Posteriormente, foram fertilizados com 3,0 g de ureia/m², 6,0 g de superfosfato simples/m² e 10,0 g de farelo de arroz/m² (LIMA et al., 2015). Mensalmente, foram realizadas fertilizações de manutenção com as mesmas quantidades de fertilizantes.

Os tanques-rede, que foram cobertos com tela sombrite (40%) para proporcionar melhor ambiência para os peixes (LIRANÇO et al., 2011), apresentavam volume total de 6,0 m³ (2,0 x 2,0 x 1,5 m), porém, foi necessário o uso de um bolsão de malha sete milímetros, conferindo um volume útil de 4,0 m³ (2,0 x 2,0 x 1,0 m). Os tanques-rede foram estocados na densidade de 40 alevinos/m³ (ONO e KEHDI, 2013), totalizando 160 alevinos em cada tanque-rede.

3.2.2 Qualidade da água

Para o monitoramento dos parâmetros físico-químicos de qualidade de água, pH, temperatura e concentração de oxigênio dissolvido foram mensurados três vezes por semana, com uso de sonda para análise de multiparâmetros de qualidade de água (YSI Professional Plus), enquanto as concentrações de nitrito, amônia total, alcalinidade e dureza foram mensuradas semanalmente por meio de kit comercial de análise de qualidade de água (Alfakit®, Florianópolis - SC). A transparência da água foi mensurada três vezes por semana com um disco de Secchi em cada viveiro e próximo à linha na qual os tanques-rede estavam ancorados no reservatório.

3.2.3 Crescimento e manejo alimentar

Os animais de todos os tratamentos foram alimentados diariamente até a saciedade aparente com ração comercial extrusada para peixes carnívoros (Tabela 1). Para avaliar o crescimento dos peixes e ajustar a quantidade de ração ofertada, foi realizada uma biometria com 20 animais no início do experimento e, quinzenalmente, com 20 animais de cada unidade experimental.

Ao final dos 105 dias de cultivo, os animais de todas as unidades experimentais foram contados para cálculo da taxa de sobrevivência (%). Também foram avaliadas as variáveis, conversão alimentar aparente [consumo total de ração / ganho de biomassa total], coeficiente de variação do comprimento padrão [CVCP = (desvio padrão do comprimento / comprimento médio) x 100], coeficiente de variação do peso final [CVPf = (desvio padrão do peso / peso

médio) x 100] e a taxa de crescimento específico (% de peso vivo/dia) [TCEp = ((ln peso final – ln peso inicial / dias de cultivo) x 100)].

Tabela 1 - Manejo alimentar na recria de pirarucus *Arapaima gigas* em viveiros escavados e em tanques-rede.

| Peso (g) | Proteína bruta (%) | Granulometria (mm) | Frequência alimentar (vezes ao dia) | Taxa de alimentação (% de peso vivo/dia) |
|-------------|--------------------|--------------------|-------------------------------------|--|
| 15 -100 | 45 | 2,6 | 4 | 5,0 |
| 100 - 500 | 45 | 4,0 | 4 | 4,0 |
| 500 - 1.000 | 40 | 6,0 | 3 | 3,0 |

Adaptado de ONO e KEHDI (2013).

3.2.4 Plâncton e conteúdo estomacal

A disponibilidade de alimento natural foi analisada a cada biometria dos peixes, a partir da amostragem do fitoplâncton, do zooplâncton e dos insetos presentes na água. As amostragens foram realizadas utilizando redes para coleta de fito e zooplâncton (20 e 68 µm, respectivamente). Nos viveiros, as redes de fitoplâncton e zooplâncton foram arrastadas por uma distância de 10 m. No reservatório que recebeu os tanques-rede, a rede foi amostrada a 2 m dos tanques durante 5 min. Para a separação dos insetos o conteúdo coletado na rede de zooplâncton foi peneirado em uma tela de 270 µm.

As amostras foram armazenadas em garrafas de 500 ml e fixadas com formol 4,0 %. O fitoplâncton e o zooplâncton foram analisados qualitativamente e quantitativamente, enquanto os insetos somente quantitativamente, em triplicatas de amostras de 1,0 ml, em câmara de Sedgewick-Rafter.

Para a análise do conteúdo estomacal, cinco peixes de cada unidade experimental foram amostrados em cada uma das biometrias. Os animais foram mantidos em jejum por 24 horas antes da coleta. Após a captura, os peixes foram eutanasiados e, posteriormente, tiveram peso e comprimento mensurados. Em seguida, os estômagos foram removidos a partir de uma incisão abdominal e armazenados em formalina 10% até o momento da análise.

O conteúdo estomacal foi colocado em placa de Petri, para análise qualitativa e quantitativa, realizada em estereomicroscópio. O peso do alimento contido em cada estômago foi mensurado a partir da diferença entre o peso do estômago com alimento e o peso do estômago vazio, após a retirada do alimento para análise qualitativa. Os itens alimentares encontrados foram agrupados nas grandes categorias: insetos, que engloba as partes de insetos, larvas e ninfas;

vegetais, composta por sementes e tecidos vegetais; fitoplâncton; sedimento, composta por grânulos de areia; copépodes; cladóceros e rotíferos. Os resultados dessas análises foram relacionados a sete classes de peso dos animais (0-100, 101-200, 201-300, 301-400, 401-600, 601-800, 801-1.000).

Com base nos resultados, foi calculada a frequência de ocorrência (FO) de cada item alimentar, que é a relação entre número de estômagos onde ocorreu o item e o número de estômagos com alimento (HYSLOP, 1980). A seletividade alimentar foi determinada conforme Ivlev (1961), por meio da equação $E = (r-p) / (r+p)$, na qual r é a porcentagem de cada item no conteúdo estomacal e p é a porcentagem de cada item no ambiente. Os resultados desse índice variam de -1,0 a +1,0, com valores positivos indicando itens preferenciais, valores negativos indicando itens que são evitados e valor zero indicando que não há seletividade. A abundância relativa (AR) de cada item foi estimada considerando-se o total de alimento presente no estômago como sendo 100% (SILVA et al., 2008).

3.2.5 Análise econômica parcial

Para análise econômica, foi utilizado apenas o custo operacional parcial (COP), definido como o valor gasto com ração, alevinos e insumos (fertilizantes e corretivos para os viveiros e combustível usado no barco para o manejo dos peixes nos tanques-rede), e a receita bruta (RB) atribuída à venda dos peixes vivos.

As variáveis econômicas foram calculadas de acordo com a metodologia descrita por Silva et al. (2003), através das seguintes fórmulas:

$$COP = \frac{INSp + (QA * PA)}{BP} \quad \text{onde:}$$

COP = Custo operacional parcial (R\$/Kg de peixe);
 INSp = Gastos com insumos (Ração, adubos, combustível);
 QA = Quantidade de alevinos;
 BP = Biomassa em quilograma de peixe de cada unidade experimental;
 PA = Preço de aquisição dos alevinos.

$$RB = P_f * PP_{kg} \quad \& \quad RLP = RB - COP \quad \text{onde:}$$

RB = Receita bruta (R\$/Kg de peixe);
 Pf = Peso médio final do peixe;
 PPkg = Valor de comercialização pelo quilograma peixe.
 RLP = Receita líquida parcial (R\$/Kg de peixe).

Após a obtenção dos custos operacionais de cada tratamento, foi calculado o índice de eficiência econômica e (IEE) e o Índice de Custo Médio (IC) em ambos os sistemas de produção, de acordo com o proposto por Barbosa et al. (1992):

$$IC = \frac{C_{tei}}{M_{ce}} * 100 \quad \& \quad IEE = \frac{M_{ce}}{C_{tei}} * 100 \quad \text{onde:}$$

IC = Índice de Custo Médio

C_{tei} = custo médio do tratamento i considerado.

M_{ce} = menor custo médio operacional registrado por quilograma de peso vivo ganho entre os tratamentos;

IEE = índice de eficiência econômica

3.2.6 Análise estatística

Para análise das diferenças dos parâmetros zootécnicos, da abundância relativa dos itens alimentares nos estômagos e dos parâmetros físico-químicos de qualidade de água entre os sistemas de produção, foi aplicado o teste *t* de Student ($p < 0,05$).

Para sumarizar os itens alimentares encontrados no conteúdo estomacal de pirarucus cultivados em viveiros escavados e tanques-rede foi aplicada a análise dos componentes principais (PCA).

3.3 RESULTADOS

3.3.1 Qualidade DA água

Entre as variáveis analisadas (Tabela 2), temperatura, alcalinidade, dureza e nitrito não apresentaram diferenças significativas entre os sistemas de produção. As concentrações de amônia total e de amônia não ionizada foram significativamente maiores nos viveiros do que nos tanques-rede. A concentração de oxigênio dissolvido, a transparência da água e o pH foram mais elevados nos tanques-rede.

3.3.2 Desempenho zootécnico

Todas as variáveis analisadas de desempenho zootécnico do pirarucu apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$) entre os sistemas de produção (Tabela 3).

O comprimento padrão, o peso final, a sobrevivência e a taxa de crescimento específico em peso foram maiores nos viveiros escavados. Os coeficientes de variação do peso e comprimento, o consumo de ração e a conversão alimentar foram maiores nos tanques-rede.

Tabela 2 - Variáveis de qualidade de água (média \pm desvio padrão) durante a recria de pirarucus *Arapaima gigas* em viveiros e em tanques-rede.

| Variável | Viveiros | Tanques-rede |
|----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Temperatura (°C) | 28,68 \pm 1,66 ^a | 30,28 \pm 1,52 ^a |
| Oxigênio dissolvido (mg/l) | 3,79 \pm 0,81 ^a | 5,65 \pm 0,55 ^b |
| pH | 7,06 \pm 0,42 ^a | 7,94 \pm 0,32 ^b |
| Alcalinidade total (mg/l) | 30,5 \pm 6,19 ^a | 36,56 \pm 4,47 ^a |
| Dureza (mg/l) | 26,67 \pm 5,84 ^a | 31,41 \pm 7,30 ^a |
| Transparência (m) | 0,37 \pm 0,042 ^a | 2,94 \pm 0,30 ^b |
| Amônia total (mg/l) | 0,36 \pm 0,27 ^a | 0,23 \pm 0,32 ^b |
| Amônia não ionizada (mg/l) | 0,44 \pm 0,32 ^a | 0,28 \pm 0,39 ^b |
| Nitrito (mg/l) | 0,00 ^a | 0,00 ^a |

Médias seguidas por letras diferentes diferem entre si ($p < 0,05$).

Parte da mortalidade dos peixes em tanque-rede esteve relacionada ao aparecimento de lesões externas na cabeça, na proximidade dos olhos e nadadeiras caudal e peitoral, indicativas de infecção por bactérias *Aeromonas* e *Edwardsiella* (Proietti Junior et al., 2017), além de perda acelerada de peso e despigmentação ao longo do corpo. Esses sintomas estiveram presentes entre 45 e 60 dias de cultivo e acarretaram a morte de alguns animais. Por essa razão os peixes receberam antibiótico TM 700 (Dose: 11,85g de TM-700 por kg de peso vivo/dia) misturado à ração por 10 dias, e após esse período, gradativamente os sintomas cessaram e os animais se recuperaram.

Tabela 3 - Desempenho zootécnico de pirarucus *Arapaima gigas* em viveiros escavados e em tanques-rede durante a fase de recria.

| Variáveis | Viveiros | Tanques-rede | Valor de P |
|---------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|------------|
| Comprimento padrão inicial (cm) | 11,75 \pm 0,80 | 11,75 \pm 0,80 | |
| Peso inicial (g) | 28,03 \pm 6,34 | 28,03 \pm 6,34 | |
| Sobrevivência (%) | 97,50 \pm 2,04 ^a | 73,91 \pm 10,97 ^b | 0,006 |
| Comprimento padrão final (cm) | 43,03 \pm 1,40 ^a | 38,00 \pm 0,75 ^b | 0,001 |
| Peso final (g) | 943,5 \pm 9,01 ^a | 834,78 \pm 21,06 ^b | 0,0001 |
| CVCP (%) | 10,78 \pm 0,73 ^a | 17,13 \pm 8,71 ^b | 0,002 |
| CVPF (g) | 4,80 \pm 0,73 ^a | 12,20 \pm 3,84 ^b | 0,009 |
| CA | 0,96 \pm 0,06 ^a | 1,20 \pm 0,11 ^b | 0,011 |
| TCEp (%) | 3,17 \pm 0,01 ^a | 3,06 \pm 0,02 ^b | 0,002 |

Médias seguidas por letras diferentes, diferem entre si ($p < 0,05$). CVCP: Coeficiente de variação do comprimento padrão; CVPF: Coeficiente de variação do peso final; CA: Conversão alimentar; TCE: Taxa de crescimento específico em peso.

O ganho de peso do pirarucu foi semelhante entre os sistemas de produção até 60 dias de cultivo e, após esse período, foram significativamente maiores ($p < 0,05$) nos viveiros escavados (Figura 2). Ao final dos 105 dias de estudo, o ganho de peso foi 13,1% superior nos viveiros.

3.3.3 Plâncton e conteúdo estomacal

A densidade de rotíferos, copépodes, cladóceras e insetos foi maior nos viveiros em todo o período da recria (Figura 3). Em ambos os sistemas de produção, os copépodes e os rotíferos foram os organismos mais abundantes. Nos viveiros, a densidade desses organismos manteve-se relativamente constante durante o período analisado, enquanto nos tanques-rede a densidade de copépodes e rotíferos tendeu à redução ao longo do tempo, enquanto a de cladóceros aumentou, principalmente após os 45 dias de cultivo.

Figura 2 - Ganho de peso de pirarucu *Arapaima gigas* durante a fase de recria em viveiros escavados e tanques-rede. Letras diferentes correspondem a diferença significativa ($p < 0,05$) entre os sistemas de produção.

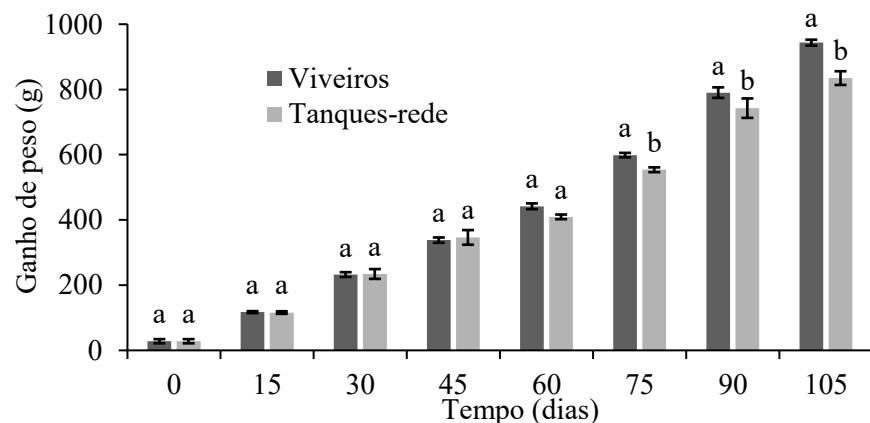
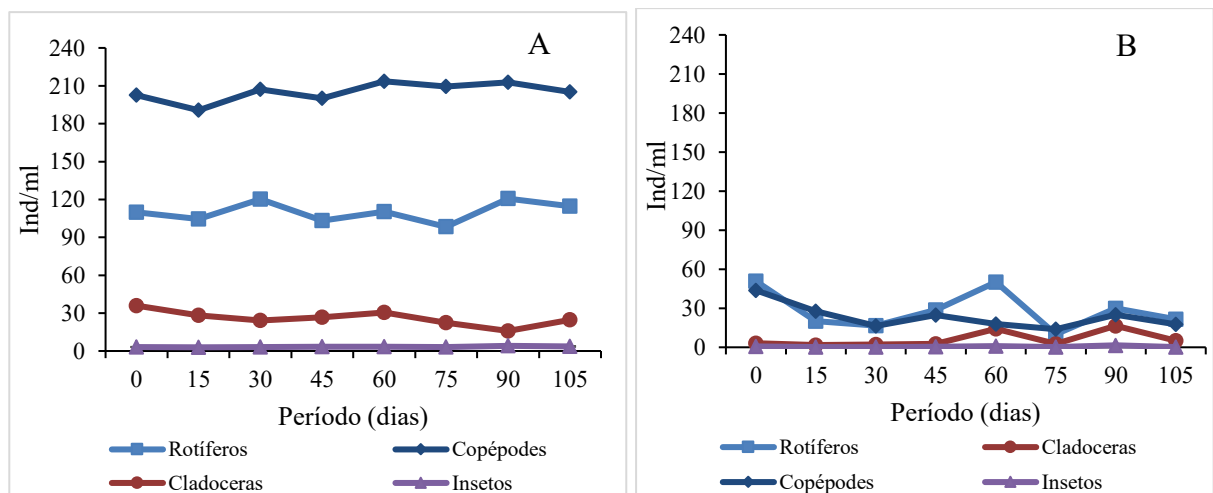


Figura 3 - Densidade dos organismos zooplantônicos e insetos presentes na água durante a fase de recria em viveiros escavados e em tanques-rede. A) viveiros. B) tanques-rede.



Os peixes produzidos em viveiros apresentaram maior peso do conteúdo estomacal em todas as classes de tamanho avaliadas (Figura 4).

Vários itens alimentares foram observados como parte da dieta do pirarucu nos sistemas de produção avaliados, com diferentes frequências de ocorrência e abundância relativa, conforme mostram as Tabelas 4 e 5.

A abundância dos organismos zooplancônicos (cladóceros, copépodes e rotíferos) no conteúdo estomacal do pirarucu foi significativamente maior nos viveiros do que nos tanques-rede. A maior abundância desses itens alimentares ocorreu nas classes iniciais de peso, com redução gradual à medida que os peixes cresceram. Nos tanques-rede, a abundância desses itens não ultrapassou 7,0 % do conteúdo estomacal.

Os insetos estiveram presentes nos estômagos dos pirarucus produzidos nos viveiros em todas as classes de tamanho avaliados, sendo mais abundantes nos peixes maiores, enquanto nos tanques-rede este item alimentar apresentou menor abundância. Não houve diferença para a abundância de fitoplâncton nos estômagos do pirarucu nos diferentes sistemas de produção, sendo este item alimentar mais abundante nas classes iniciais de peso. Os crustáceos representaram menos de 4,0 % de todo o conteúdo estomacal em ambos os sistemas de produção, estando ausente em peixes de até 200 g em viveiros e em peixes de até 800 g em tanques-rede.

Figura 4 - Peso do conteúdo estomacal de pirarucus *Arapaima gigas* durante a fase de recria em viveiros escavados e em tanques-rede.

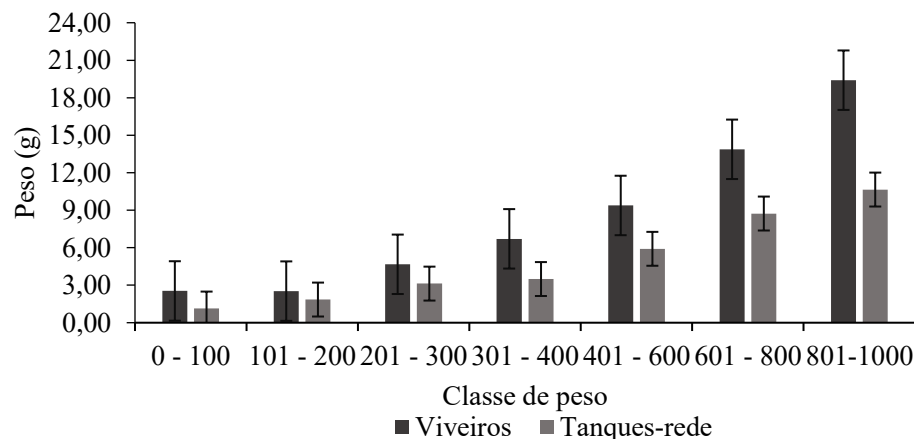


Tabela 4 - Abundância relativa (%) dos itens alimentares encontrados no conteúdo estomacal de pirarucus *Arapaima gigas* durante a fase de recria em viveiros escavados (V) e em tanques-rede (T).

| Item Alimentar | Sistema | Classe de peso (g) | | | | | | |
|----------------|---------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | | 0-100 | 101-200 | 201-300 | 301-400 | 401-600 | 601-800 | 801-1.000 |
| Cladóceros | V | 25,03 ^A | 27,81 ^A | 16,47 ^A | 15,19 ^A | 8,99 ^A | 4,43 ^A | 4,45 |
| | T | 3,68 ^B | 3,14 ^B | 4,31 ^B | 5,45 ^B | 4,69 ^B | 4,19 ^B | 2,23 |
| Copépodes | V | 15,17 ^A | 11,50 ^A | 9,95 ^A | 9,06 ^A | 5,99 ^A | 3,95 ^A | 5,98 ^A |
| | T | 4,32 ^B | 4,92 ^B | 4,62 ^B | 6,73 ^B | 3,53 ^B | 1,61 ^B | 2,01 ^B |
| Rotífera | V | 16,83 ^A | 13,73 ^A | 9,48 ^A | 5,04 ^A | 5,30 ^A | 2,01 ^A | 3,36 ^A |
| | T | 4,70 ^B | 4,74 ^B | 3,36 ^B | 6,0 ^B | 3,92 ^B | 2,24 ^B | 1,90 ^B |
| Insetos | V | 9,94 ^A | 12,02 ^A | 12,94 ^A | 13,14 ^A | 17,87 ^A | 17,48 ^A | 18,82 ^A |
| | T | 0,00 ^B | 2,19 ^B | 2,78 ^B | 2,79 ^B | 2,86 ^B | 2,99 ^B | 3,59 ^B |
| Fitoplâncton | V | 2,75 ^A | 3,45 ^A | 2,45 ^A | 2,09 ^A | 1,83 ^A | 1,40 ^A | 1,41 ^A |
| | T | 3,68 ^A | 2,61 ^A | 2,71 ^A | 2,58 ^A | 2,40 ^A | 1,72 ^A | 1,54 ^A |
| Crustáceos | V | 0,00 ^A | 0,00 ^A | 2,34 ^A | 0,00 ^A | 1,55 ^A | 3,65 ^A | 3,59 ^A |
| | T | 0,00 ^A | 0,00 ^A | 0,00 ^B | 0,00 ^A | 0,00 ^B | 0,00 ^B | 1,57 ^B |
| Ração | V | 5,89 ^A | 7,46 ^A | 10,61 ^A | 16,41 ^A | 17,80 ^A | 17,05 ^A | 15,41 ^A |
| | T | 13,04 ^B | 12,34 ^B | 15,17 ^B | 18,41 ^B | 19,04 ^B | 23,35 ^B | 23,98 ^B |
| Vegetais | V | 7,33 ^A | 9,49 ^A | 9,40 ^A | 9,20 ^A | 9,42 ^A | 9,88 ^A | 9,58 ^A |
| | T | 2,49 ^B | 1,69 | 0,00 ^B | 0,00 ^B | 0,00 ^B | 0,00 ^B | 0,00 ^B |
| Sedimento | V | 17,06 ^A | 14,09 ^A | 29,37 ^A | 30,16 ^A | 31,26 ^A | 37,80 ^A | 35,40 ^A |
| | T | 68,12 ^B | 68,05 ^B | 57,76 ^B | 61,25 ^B | 65,18 ^B | 64,19 ^B | 68,37 ^B |

Letras maiúsculas diferentes entre as linhas, indicam diferença ($p < 0,05$) entre os sistemas de produção

A ração esteve presente em todos os estômagos analisados, mesmo antes das amostragens, quando os peixes não eram alimentados por 24 horas. A abundância relativa da ração foi maior nos estômagos dos peixes criados nos tanques-rede em todas as classes de peso e foi aumentando de acordo com o crescimento dos peixes. Os vegetais foram significamente mais abundantes em todas as classes de peso nos viveiros escavados do que nos tanques-rede. Nos viveiros este item representou menos de 9,0 % em todas as classes de peso, enquanto nos tanques-rede a frequência ficou abaixo dos 2,5%. O sedimento esteve presente em todos os estômagos, em todas as classes de peso, nos dois sistemas de produção. A abundância foi maior nos peixes mantidos nos tanques-rede, nos quais correspondeu a cerca de 75% de todo o conteúdo estomacal.

Tabela 5 - Frequência de ocorrência (%) dos itens alimentares encontrados no conteúdo estomacal de pirarucu *Arapaima gigas* durante a fase de recria criados em viveiros escavados (V) e em tanques-rede (T) .

| Item Alimentar | Sistema | Classe de peso (g) | | | | | | |
|----------------|---------|--------------------|---------|---------|---------|---------|---------|-----------|
| | | 0-100 | 101-200 | 201-300 | 301-400 | 401-600 | 601-800 | 801-1.000 |
| Cladóceros | V | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 91,6 | 88,8 | 83,3 | 81,2 |
| | T | 100,0 | 70,0 | 82,3 | 80,0 | 88,0 | 55,6 | 78,6 |
| Copépodes | V | 100,0 | 100,0 | 92,3 | 91,7 | 88,9 | 83,3 | 75,0 |
| | T | 100,0 | 75,0 | 82,3 | 80,0 | 72,0 | 44,4 | 71,4 |
| Rotífera | V | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 75,0 | 72,2 | 58,3 | 56,2 |
| | T | 100,0 | 80,0 | 70,6 | 70,0 | 68,0 | 22,2 | 54,3 |
| Insetos | V | 50,0 | 84,9 | 84,6 | 85,0 | 88,9 | 91,7 | 97,5 |
| | T | 0,0 | 40,0 | 45,3 | 50,0 | 52,0 | 54,2 | 58,4 |
| Fitoplâncton | V | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 83,3 | 83,3 | 56,2 |
| | T | 75,0 | 70,0 | 94,1 | 80,0 | 84,0 | 44,4 | 64,3 |
| Crustáceos | V | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 16,7 | 16,7 | 18,7 |
| | T | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 7,1 |
| Ração | V | 50,0 | 75,8 | 76,9 | 83,3 | 88,9 | 91,7 | 95,0 |
| | T | 70,0 | 77,0 | 78,8 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |
| Vegetais | V | 75,0 | 88,8 | 92,3 | 91,6 | 94,4 | 100,0 | 100,0 |
| | T | 50,0 | 30,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Sedimento | V | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |
| | T | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |

A frequência de ocorrência para cladóceros, copépodes, rotíferos e fitoplâncton foi diminuindo com o aumento das classes de peso dos peixes estocados nos viveiros escavados, diferentemente dos tanques-rede. Em ambos os sistemas os insetos e a ração apresentaram frequências maiores com o aumento das classes de peso. A frequência de ocorrência dos vegetais aumentou de acordo com as classes de peso dos peixes nos viveiros escavados, ao contrário do registrado nos tanques-rede, onde esse item só ocorreu nas primeiras classes de peso. Em ambos os sistemas os crustáceos ocorreram nas maiores classes de peso. Os sedimentos foram frequentes em todas as classes de peso em ambos os sistemas de produção. Quando comparados os sistemas de produção, todos os itens alimentares, com exceção da ração e do sedimento, apresentaram maior frequência de ocorrência nos animais mantidos em viveiros escavados.

Nas Figuras 5 e 6 estão apresentados os escores da análise de componentes principais (PCA) para a ingestão de alimento natural pelo pirarucu quando produzidos em viveiros escavados e tanques-rede, respectivamente. Para os viveiros escavados, os dois primeiros eixos da PCA representaram 52,8% da variabilidade dos dados. Para o eixo1, sedimento (0,37) e ração (0,28) foram os principais descritores positivamente relacionados, enquanto cladóceras (-

0,46) e rotíferas (-0,44) foram as principais negativamente relacionadas. No eixo 2, sedimento (0,36) e ração (0,59) foram os principais descritores positivamente relacionados, enquanto sedimento insetos (-0,65) e crustáceos (-0,59) foram os negativamente relacionados.

Figura 5 - Escores da análise dos componentes principais aplicada aos itens alimentares encontrados no conteúdo estomacal de pirarucus *Arapaima gigas* durante a fase de recria em viveiros escavados.

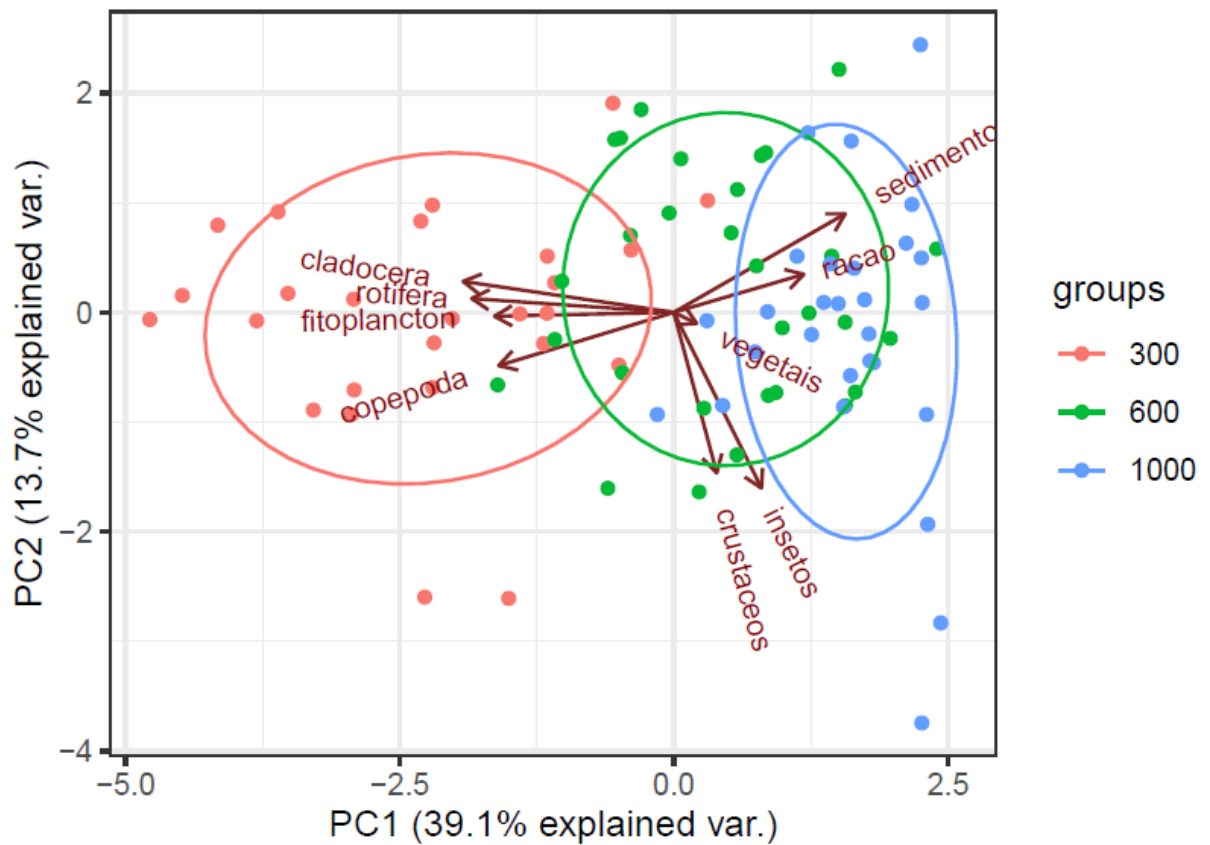
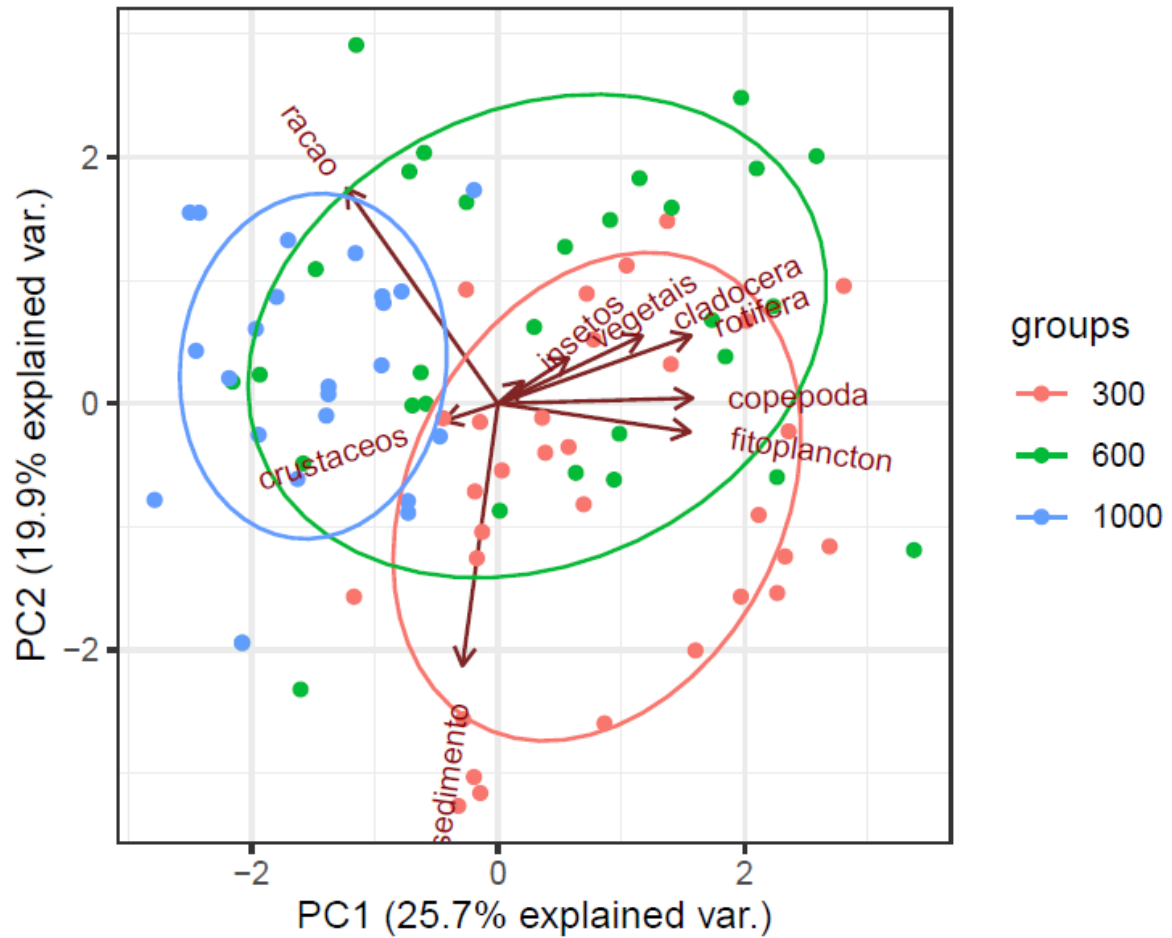


Figura 6 - Escores da análise dos componentes principais aplicada aos itens alimentares encontrados no conteúdo estomacal de pirarucus *Arapaima gigas* durante a fase de recria em tanques-rede.



Já para os tanques-rede, os dois primeiros eixos da PCA representaram 45,6% da variabilidade dos dados. Para o eixo 1, copépodes (0,47) e rotífera (0,47) foram os principais descritores positivamente relacionados, enquanto que ração (-0,37) e crustáceos (-0,13) foram os principais negativamente relacionados. No eixo 2, ração (0,60) e rotíferas (0,19) foram os principais descritores positivamente relacionados, enquanto sedimento (-0,73) e fitoplâncton (-0,07) foram os negativamente relacionados.

Nos viveiros, a dieta de peixes de até 300 g foi diferente daquela apresentada por peixes entre 300 e 600 g e dos peixes maiores de 600 g, com pouca sobreposição entre as classes. Já nos tanques-rede, houve maior sobreposição de alimento natural dos peixes da classe de até 300 g com aqueles entre 300 e 600 g, enquanto os peixes com peso maior de 600 g apresentaram padrão mais distinto.

A Figura 7 apresenta a abundância de cladóceros, copépodes, rotíferos e insetos no estômago dos peixes e a porcentagem desses organismos na água dos viveiros. A presença de cladóceros, copépodes, rotíferos e insetos na água dos viveiros escavados variou durante o período do estudo. Nesse sistema, observou-se alta ingestão de cladóceros e de insetos, embora os mesmos não fossem tão abundantes na água, o que reflete uma alta seletividade para esses organismos em todas as classes de peso de pirarucus cultivados em viveiros escavados (Figura 8).

Figura 7 - Abundância média de organismos zooplantônicos encontrados no estômago de pirarucu, *Arapaima gigas* e na água de cultivo em viveiros escavados, nas diferentes classes de peso. A porcentagem total de abundância desses organismos no estômago em cada classe foi inferior a 100%, porque foi calculada a partir da média de todos os peixes amostrados em cada grupo de peso.

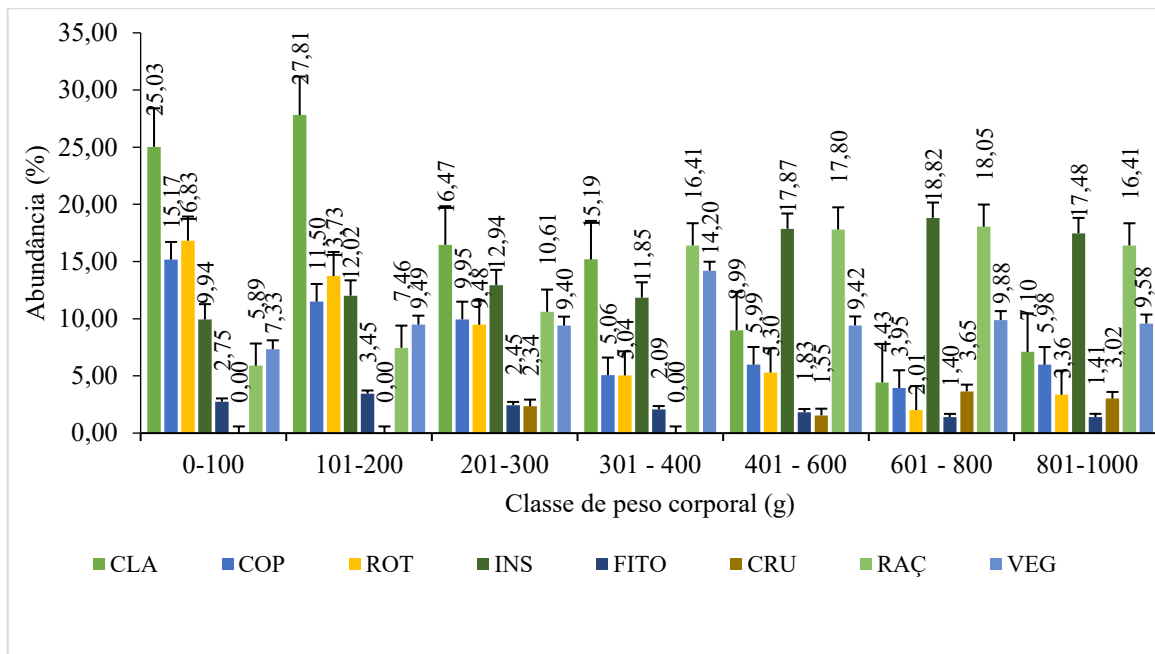
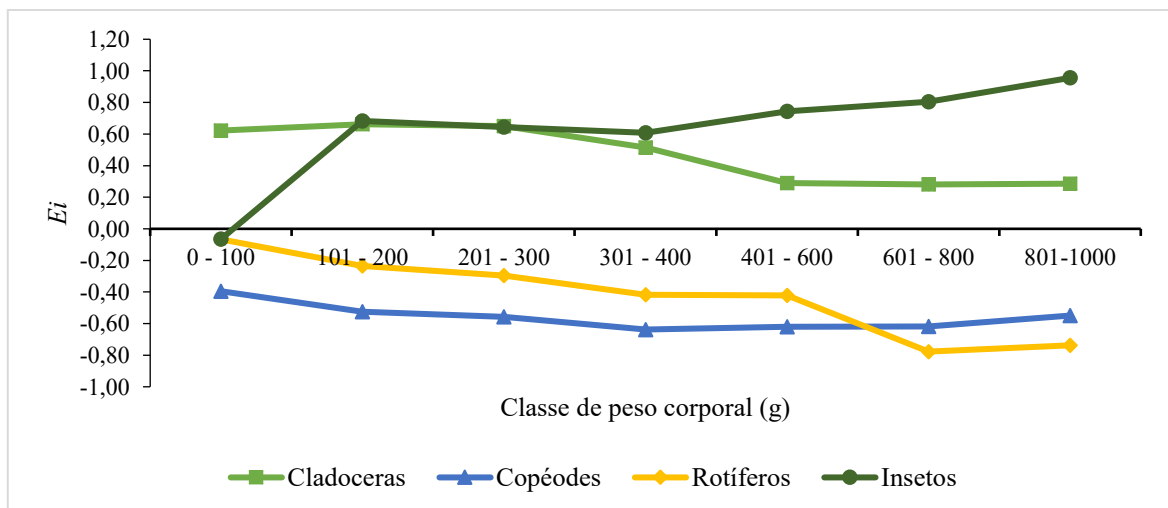


Figura 8 - Índice de seletividade alimentar (E_i) de pirarucus *Arapaima gigas* criados em viveiros durante a fase de recria.



A presença de cladóceros, copépodes, rotíferos e insetos na água do reservatório no qual os tanques-rede estavam instalados variou durante o período do estudo. A Figura 9 apresenta a abundância de cladóceros, copépodes, rotíferos e insetos no estômago dos peixes e a porcentagem desses organismos na água. Foi observada uma alta ingestão de copépodes em todas as classes de tamanho, embora não fossem os organismos mais abundantes na água, o que retrata uma maior seletividade para este item (Figura 10).

Figura 9 – Abundância média de organismos zooplantônicos encontrados no estômago de pirarucus *Arapaima gigas* criados em tanques-rede e na água do reservatório, nas diferentes classes de peso. A porcentagem total de abundância desses organismos no estômago em cada classe foi inferior a 100%, porque foi calculada a partir da média de todos os peixes amostrados em cada grupo de peso.

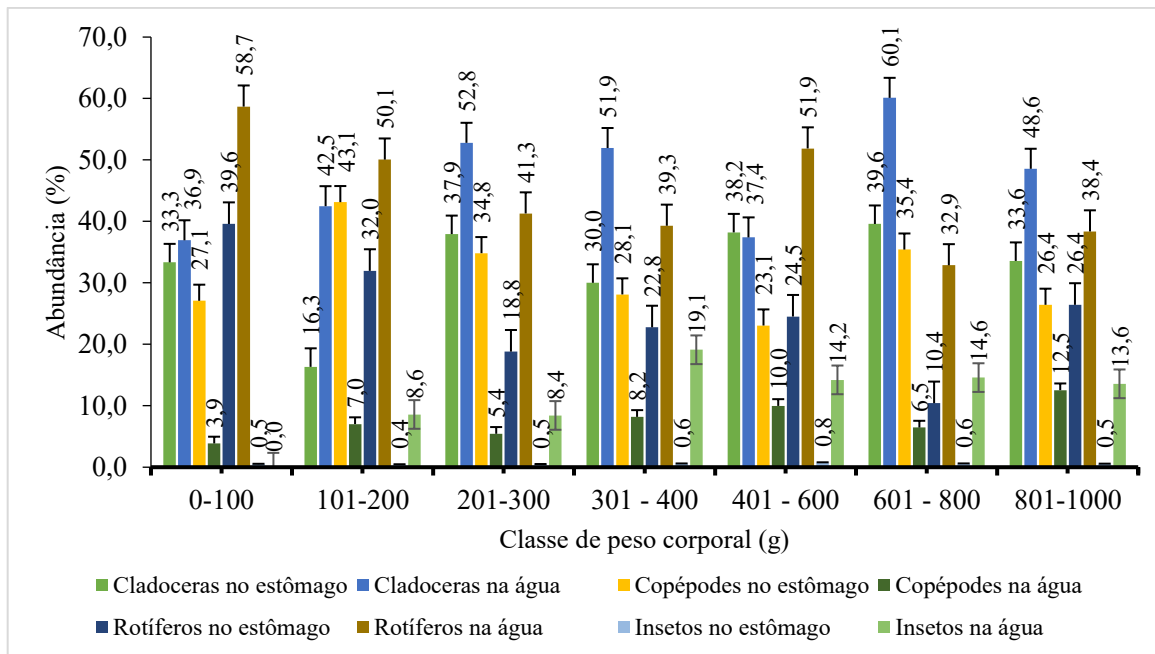
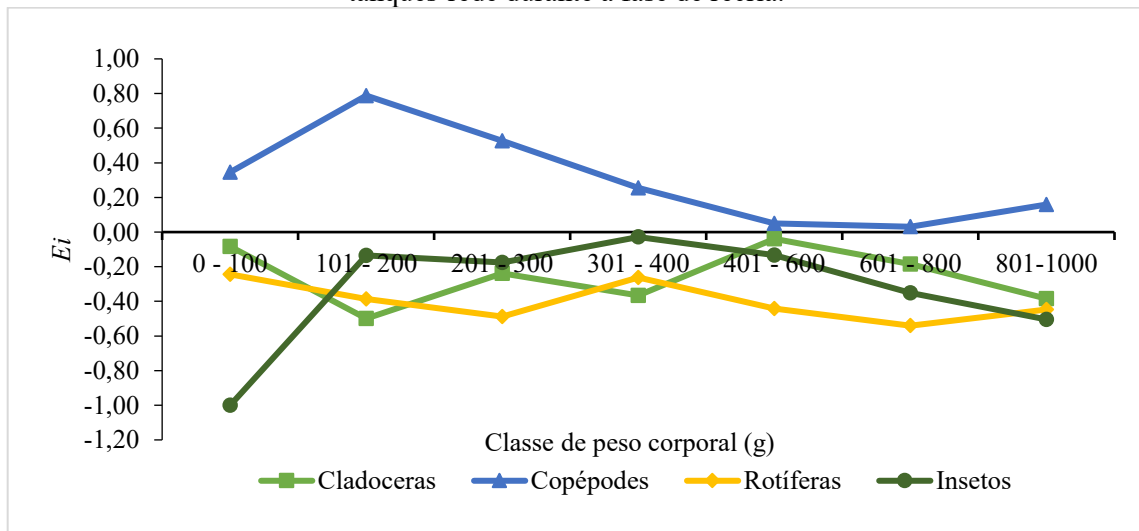


Figura 10 – Índice de seletividade alimentar (E_i) de pirarucus *Arapaima gigas* criados em tanques-rede durante a fase de recria.



3.3.4 Análise econômica

Os valores de compra e venda dos insumos utilizados durante a recria do pirarucu em nos diferentes sistemas de produção estão apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 - Valores de compra e venda dos insumos utilizados durante a recria de pirarucus *Arapaima gigas* em viveiros e tanques-rede durante a fase de recria.

| Item | Preço (R\$) | Quantidade média por estrutura de cultivo | |
|-------------------------------|-------------|---|-------------|
| | | Viveiro | Tanque-rede |
| Ração 2,6 mm (kg) | 4,74* | 5,51 | 6,89 |
| Ração 4,0 mm (kg) | 3,83* | 53,55 | 58,70 |
| Ração 6,0 mm (kg) | 3,53* | 84,17 | 79,89 |
| **Fertilizantes e corretivos | | | |
| Ureia (kg) | 4,34 | 3,60 | - |
| Super Simples (kg) | 3,20 | 7,20 | - |
| Farelo de arroz (kg) | 1,42 | 12,00 | - |
| Cal Virgem (kg) | 1,79 | 45,00 | - |
| ***Combustível (L) | 4,74 | - | 0,15 |
| ****Compra alevinos (unidade) | 15,00 | 120,00 | 160,00 |
| ****Venda juvenis (kg) | 45,00 | 110,30 | 98,60 |

*Preço do quilograma incluindo o frete; **preço médio dos produtos utilizados por viveiro na preparação e fertilizações de manutenção; ***valor gasto por dia para manutenção dos tanques-rede; **** preço praticado na região de Palmas-TO.

O custo operacional parcial da criação de pirarucu foi maior nos tanques-rede, enquanto a receita bruta e receita líquida parcial por quilograma de peixe produzido foi maior nos viveiros (Tabela 7).

A produção média foi menor nos tanques-rede e, com isso, o custo operacional parcial e o índice de custo médio foram mais elevados neste sistema. A receita líquida parcial e o índice de eficiência econômica foram melhores para os viveiros escavados.

3.4 DISCUSSÃO

Em viveiros de produção, onde há ausência ou baixas taxas de renovação de água, o acúmulo de compostos nitrogenados é resultado da decomposição de sobras de ração, de excretas dos animais e das adubações para a manutenção de organismos planctônicos (PEREIRA e MERCANTE., 2005). Por outro lado, em reservatórios, devido ao grande volume do corpo d'água e a maior renovação de água no local de cultivo, a capacidade de diluição dos efluentes da produção de peixes em tanques-rede é maior (MATOS et al., 2016). Isso explica as diferenças observadas nas concentrações de amônia total e não ionizada entre os tratamentos,

com valores mais elevados nos viveiros escavados, mas que permaneceram dentro da faixa adequada para o pirarucu (ONO e KEHDI, 2013).

De forma similar, o grande volume de água nos reservatórios, associado a altas taxas de renovação, propicia ambientes de produção com maior transparência da água e maior disponibilidade de oxigênio (LIMA, 2013). Por outro lado, o acúmulo de detritos nos viveiros, somados aos manejos de adubação, resultam em maior produtividade primária, com consequente diminuição da transparência e maior variação na produção de oxigênio, que podem alcançar valores críticos dependendo da biomassa estocada e da quantidade de plâncton disponível (BOYD e TUCKER., 1998; BOYD., 1990; BOYD e LICHTKOPPLER, 1979).

Tabela 7 – Avaliação econômica da criação de pirarucus, *Arapaima gigas*, em viveiros escavados e em tanques-rede durante a fase de recria.

| Parâmetros | Viveiros | Tanques-rede |
|--|----------|--------------|
| Custo operacional parcial (R\$/kg de peixe)* | 21,37 | 25,87 |
| Receita bruta (R\$/kg de peixe)* | 42,44 | 37,54 |
| Receita líquida parcial (R\$/kg de peixe)* | 21,07 | 18,87 |
| Produção média (kg de peixe) | 110,40 | 98,68 |
| Índice de custo médio (%IC) | 100,00 | 109,00 |
| Índice de eficiência econômica (%IEE) | 100,00 | 92,09 |

* média de cada sistema

A recria do pirarucu em viveiros propiciou melhor desempenho dos peixes, devido à maior disponibilidade de alimento natural e consumo destes pelos peixes, além da maior disponibilidade de espaço inerente a esse sistema de produção. Como as diferenças significativas entre os tratamentos só ocorreram a partir dos 75 dias de cultivo, evidencia-se que até esse período o pirarucu pode ser criado nos dois sistemas de produção sem causar grande impacto na biomassa dos sistemas, o que também foi relatado por Liranço et al. (2011) e Scorvo Filho et al. (2008) para o *Pseudoplatystoma corruscans*.

O aproveitamento do alimento natural pelos pirarucus produzidos nos viveiros escavados explica o menor consumo de ração e, consequentemente, conversão alimentar, nesse sistema. A dificuldade de obtenção desse tipo de alimento nos peixes confinados nos tanques-rede, leva esses animais a uma condição oposta. A utilização de alimento natural como complemento à ração por peixes produzidos em viveiros escavados é bem relatada para diversas espécies de peixes na piscicultura (RIBEIRO, 2008; FURUYA, 2008; SIPAÚBA - BRAGA, 2007; SPATARU et al., 1983; LIMA et al., 2018) e é uma das vantagens da produção em sistemas semi-intensivos (CREPALDI et al., 2006).

A conversão alimentar nos viveiros escavados foi menor do que a relatada por Pereira-Filho (2003) para cultivo de pirarucu durante 12 meses em viveiros escavados (1,51 : 1,0), o que pode ser resultado do menor tempo de cultivo deste experimento, que abrangeu apenas a fase de recria, na qual os peixes, em geral, apresentam melhor conversão alimentar (BRANDÃO, 2004). Nos tanques-rede, a conversão alimentar foi similar à registrada por Oliveira et al. (2012) no cultivo de juvenis de pirarucu por 140 dias em tanques-rede (1,2: 1,0).

Como juvenis de pirarucu apresentam comportamento gregário quando mantidos em cativeiro, pode ocorrer o estabelecimento de classes hierárquicas que aumentam a heterogeneidade do lote (CAVERO et al., 2003), uma vez que os peixes dominantes se alimentam primeiro e impedem os menores de se alimentar, condição que favorece o aumento da heterogeneidade do lote de criação (HUNTINGFORD & LEANIZ, 1997). Essa heterogeneidade tende a ficar ainda mais evidente em cultivos intensivos, nos quais a elevação da densidade favorece a interação entre os animais (LIMA., 2007; SANTOS et al., 2014), situação observada no presente estudo, no qual maior heterogeneidade foi observada nos peixes mantidos em tanques-rede, indicando que o aumento da densidade pode ter exacerbado a variação de crescimento, que já é comum na espécie (CAVERO et al., 2003a; CAVERO et al., 2003b; LIMA, 2020).

Uma menor sobrevivência foi observada nos peixes produzidos em tanques-rede, o que esteve associada ao surgimento de doença bacteriana, o que é comum em sistemas de produção intensivo (WOO e BRUNO, 2014), ainda que Menezes et al. (2006) e Oliveira et al. (2012) não tenham evidenciado problemas sanitários na produção do pirarucu em tanques-rede, quando obtiveram sobrevivência de 91,7% e 94,7 %, respectivamente. Uma menor sobrevivência em tanques-rede também foi registrada nos cultivos de tilápia e *Pseudoplatystoma corruscans* (LIRANÇO et al., 2011; SANTOS et al., 2016), quando comparada a obtida em cultivos em viveiros. Segundo Pavanelli et al. (2002), as altas densidades utilizadas em tanques-rede, somadas aos parâmetros de qualidade de água e um manejo alimentar inadequado, favorecem o acúmulo de resíduos orgânicos que se prendem nas redes do tanque e servem como substrato para a propagação de bactérias. A sobrevivência do pirarucu em viveiros escavados foi elevada, semelhante ao observado por Pereira-Filho et al. (2003) no mesmo sistema de cultivo.

A ausência de estômagos vazios tanto nos peixes estocados nos viveiros escavados quanto naqueles cultivados em tanques-rede reforça a característica que o pirarucu apresenta em usar alimentos naturais disponíveis no ambiente, como relatado para o pirarucu selvagem por Oliveira et al. (2005) e em ambientes de produção por Lima et al. (2018). No entanto, foi evidente a diminuição da ingestão do alimento natural pelo pirarucu ao longo do tempo, pois a

quantidade destes no estômago dos peixes não aumentou proporcionalmente ao ganho de peso dos animais. Isso pode estar relacionado com a mudança da preferência alimentar dos peixes ao longo do crescimento, uma característica comum a outras espécies, e à ausência ou baixa disponibilidade dos novos itens alimentares no ambiente de criação (LIMA et al., 2018; ABELHA et al., 2001; MAKRAKIS et al., 2005).

No ambiente de criação, o pirarucu pode regular a ingestão de nutrientes, alimentando-se de maneira simultânea e em diferentes quantidades de alimento artificial e alimento natural disponível, selecionando alimentos com maior quantidade de proteína e energia, como o zooplâncton (LIMA et al 2018). Organismos zooplânctônicos são excelentes itens alimentares naturais para espécies de peixes carnívoros, principalmente durante os primeiros estágios de vida (WINEMILLER, 1989), o que explica a ingestão de zooplâncton pelos juvenis de pirarucu em todas as classes de peso de ambos os sistemas de produção, com maior abundância e frequência de ocorrência para cladóceros, copépodos e rotíferos nas classes iniciais de peso e quando mantidos em viveiros escavados. O consumo de alimento natural por pirarucus mantidos em tanques-rede demonstra que, mesmo em sistema intensivos, há o aproveitamento do alimento natural pelos peixes, o que também foi demonstrado para outras espécies produzidas em tanques-rede, como *Aristichthys nobilis* (CREMER e SMITHERMAN, 1980) e *Oreochromis mortimeri* (NORBERG, 1999; HUCHETTE e BEVERIDGE, 2000).

Outro item alimentar consumido em todas as classes de peso pelo pirarucu foram os insetos. No entanto, para este item, observou-se que a abundância relativa e a frequência de ocorrência aumentaram com o crescimento dos peixes nos dois sistemas de produção, indicando que o pirarucu, à medida que cresce, prefere presas maiores. Os insetos podem fornecer quantidades significativas de proteínas e lipídios (MERA et al., 1999), representando uma fonte valiosa de nutrientes e se mostrando um alimento que substitui as presas menores consumidas pela espécie nas fases iniciais (LIMA et al., 2018).

A seletividade dos itens alimentares consumidos por uma espécie varia de acordo com a qualidade e a palatabilidade do alimento, além da sua abundância no ambiente (ZAVALA-CARMIN, 1996). O tamanho dos animais é outro fator que determina a seleção e o consumo de itens alimentares, uma vez que, por seleção natural, peixes maiores tendem a consumir itens de maior tamanho (BROOKS & DODSON, 1965; MOORE e MOORE 1976; SHAW et al., 2003; HAGIWARA et al., 2007 e NUNN et al., 2007).

Neste estudo, a seletividade alimentar e a abundância relativa dos organismos zooplânctônicos observadas no conteúdo estomacal do pirarucu na fase de recria variaram entre as classes de peso nos dois sistemas de produção avaliados. Nos viveiros escavados, os peixes

foram mais seletivos para os cladóceros e insetos, resultados que corroboram com os de Oliveira et al. (2005), que observaram preferência do pirarucu por cladóceros e insetos em ambiente natural e com Lima et al. (2018), que observaram os mesmos itens alimentares como os mais frequentes no estômago de pirarucus cultivados em viveiros escavados, o que demonstra que mesmo não estando no seu ambiente natural e sendo alimentado com ração, o pirarucu manteve suas preferências alimentares.

Apesar de Zavala-Carmin (1996) indicar que a seletividade entre peixes tende a ser uniforme entre indivíduos da mesma espécie e tamanho, a seletividade de juvenis de pirarucu foi influenciada pelo sistema de produção, com os peixes cultivados em tanques-rede apresentando maior seletividade por copépodes. Mudanças nos hábitos alimentares de uma espécie de peixe podem ocorrer em função das interações entre os fatores ambientais que influenciam a seleção dos itens (TEIXEIRA e GURGEL, 2013), condição que pode ter ocorrido neste estudo, considerando que os peixes mantidos em tanques-rede apresentam restrições quanto à mobilidade.

A frequência de ocorrência e a abundância relativa da ração artificial no estômago do pirarucu em ambos os sistemas aumentou com o crescimento dos peixes, condição esperada, uma vez que o consumo de itens alimentares naturais se altera à medida que os peixes crescem e os sistemas produtivos não conseguem atender a essa nova demanda, deixando os animais cada vez mais dependentes exclusivamente da ração para atender as suas necessidades (ABELHA et al., 2001; COWAN et al., 1997; MAKRAKIS et al., 2005). Além disso, em animais menores o processo de digestão é mais rápido (SANTOS., 2004), o que explicaria a alimentação artificial não ter sido frequentemente encontrada no estômago dos animais, padrão que foi alterado à medida em que os peixes cresceram nos dois sistemas de produção.

Em relação à análise econômica, a aquisição de alevinos e ração respondeu pela maior parte do custo de produção, corroborando os estudos de Munoz et al. (2015) e Pedroza Filho et al. (2016), que indicaram os alevinos e a ração como responsáveis por 25% e 56%, respectivamente, dos custos operacionais efetivo na produção de pirarucu em viveiros. A baixa oferta de alevinos de pirarucu no mercado é a principal razão pelo elevado preço deste insumo (LIMA et al., 2017). A grande participação da ração nos custos de produção é uma característica da produção piscícola, mas os alevinos geralmente não têm alto impacto no custo de produção de outras espécies (PAULA, 2009; SILVA et al., 2003) exceto para peixes carnívoros (CAMPOS, 2005; GOMIDES, 2011). Os melhores resultados econômicos na fase de recria do pirarucu foram obtidos nos viveiros escavados. No entanto, foram superiores aos registrados por Paula (2009), que avaliou a engorda de tambaqui, pirapitinga e tambatinga e registrou custos

por quilograma de peixe entre R\$ 4,21 e R\$ 4,65¹. Essa diferença esteve relacionada ao custo da ração para a espécie carnívora *A. gigas*, que necessita de rações de maior custo, à fase de produção avaliada e ao custo do juvenil de pirarucu. Em geral, o custo do alevino do pirarucu tem menor impacto no custo de produção quando se avalia toda a engorda e não unicamente a fase de recria.

O índice de custo médio (IC) e o índice de eficiência econômica (IEE) foram melhores nos viveiros escavados, resultados semelhantes aos encontrados por Liranço et al. (2011) na criação de pintado *Pseudoplatystoma corruscans* em dois sistemas de produção (viveiros e tanques-rede), corroborando a vantagem econômica desse sistema de produção quando se avalia unicamente os custos operacionais.

3.5 CONCLUSÕES

O melhor sistema de produção para o cultivo do pirarucu *Arapaima gigas* durante a fase de recria foi o de viveiros escavados, considerando-se o desempenho zootécnico e a viabilidade econômica.

Arapaima gigas de até 1.000 g consumiram alimento natural quando cultivados em tanques-rede e em viveiros, com maior contribuição do alimento natural neste último, mesmo na presença de alimento artificial.

O pirarucu tem suas preferências alimentares determinadas pelo sistema de produção, uma vez que cladóceros e insetos foram os itens alimentares mais consumidos pela espécie em viveiros escavados, enquanto em tanques-rede os peixes apresentaram maior consumo de copépodes.

REFERÊNCIAS

ABELHA, M. C. F., AGOSTINHO, A. A., & GOULART, E. Plasticidade trófica em peixes de água doce. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**. 23, 425– 434, 2001

ABIMORAD, E.G., FAVERO, G.C., CASTELLANI, D., GARCIA, F., CARNEIRO, D.J. Dietary supplementation of lysine and/or methionine on performance, nitrogen retention and excretion in pacu *Piaractus mesopotamicus* reared in cages. **Aquaculture** 295, 266–270, 2009.

BARBOSA, H.P.; FIALHO, E.T.; FERREIRA, A.S., LIMA, G.J.M.M., GOMES, M.F.M. Triguilho para suínos na fase inicial, de crescimento e terminação. **Revista Brasileira de**

¹ Valores atualizados pelo IGPM-M.

Zootecnia, 21, 5, 827-837. 1992.

BARCELLOS, L.J.G., KREUTZ, L.C., QUEVEDO, R.M., FIOREZE, I., CERICATO, L., SOSO, A.B., FAGUNDES, M., CONRAD, J., BALDISSERA, R.K., BRUSCHI, A., RITTER, F. Nursery rearing of jundiá, *Rhamdia quelen* (Quoy & Gaimard) in cages: cage type, stocking density and stress response to confinement. **Aquaculture** 232, 383–394, 2004

BEERLI, E. L. Alimentação e Comportamento de Pós-Larvas de Pacu. 51 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2002.

BOYD, C.E. 1979. Water quality in warm water fish ponds. Auburn University, Agricultural Expt. Station. Auburn Alabama. 359pp.

BOYD, C.E., 1990. Water Quality in Ponds for Aquaculture. Auburn University, Alabama. 482pp.

BOYD, C.E., TUCKER, C.S., 1998. Water Quality and Pond Soil Analysis for Aquaculture. Alabama Agricultural Experiment Station, Alabama, USA. 700pp.

BRANDÃO, F. R.; GOMES, L. C.; CHAGAS, E. C.; ARAUJO, L. D. de. Densidade de estocagem de juvenis de tambaqui durante a recria em tanques-rede. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 39, 4, 357-362, abr. 2004.

BRAUN, N., LIMA, R.L., BALDISSEROTTO, B., DAFRE, A.L., NUÑER, A.P.O. Growth, biochemical and physiological responses of *Salminus brasiliensis* with different stocking densities and handling. **Aquaculture** 301, 22–30, 2010.

BROOKS, J. L., & DODSON, S. I. Predation, body size, and composition of plankton. **Science**, 150, 28– 35, 1965.

CAMPOS, J. L. O cultivo do pintado, *Pseudoplatystoma corruscans* (Spix e Agassiz, 1829). In: BERNARDO BALDISSEROTTO e LEVY DE CARVALHO GOMES. Espécies nativas para a piscicultura no Brasil. Editora UFSM, Santa Maria, RS. 327-344, 2005.

CAVERO, B. A. S., ITUASSÚ, D. R., PEREIRA-FILHO, M., ROUBACH, R., BORDINHON, A. M., LEÃO DA FONSECA, F.A.& ONO, E. A. Uso de alimento vivo como dieta inicial no treinamento alimentar de juvenis de pirarucu. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 38: 1011-1015, 2003a.

CAVERO, B. A. S., PEREIRA-FILHO, M., ROUBACH, R., ITUASSÚ, D. R., GANDRA, A. L., CRESCÊNCIO, R. Biomassa sustentável de juvenis de pirarucu em tanques-rede de pequeno volume. **Acta Amazônica**, 33, 723–728 ,2003.

CAVERO, B. A. S., PEREIRA-FILHO, M., ROUBACH, R., ITUASSÚ, D. R., GANDRA, A. L. & CRESCÊNCIO, R. Efeito da densidade de estocagem na homogeneidade do crescimento de juvenis de pirarucu em ambiente confinado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 38: 103-107, 2003b.

- COWAN JR, J. H., ROSE, K. A., & HOUDE, E. D. Size-based foraging success and vulnerability to predation: Selection of survivors in individual-based models of larval fish populations. In R. C. Chambers, & E. A. Trippel (Eds.), *Early life history and recruitment in fish populations* (357– 389). London, UK: Chapman & Hall, 1997.
- CREMER, M. C.; SMITHERMAN, R.O. Food habits and growth of silver and bighead carp in cages and ponds. **Aquaculture**, 20, 1, 57-64, 1980.
- CREPALDI, D. V.; TEIXEIRA, E. A.; FARIA, P. M.C.; RIBEIRO, L. P.; MELO, D. C.; CARVALHO, D.; SOUSA, A. B.; SATURNINO, H. M. Sistemas de produção na piscicultura. **Revista Brasileira Reprodução Animal, Belo Horizonte**, 30, 3/4, 86-99, 2006.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. Cultured aquatic species information programme. *Arapaima gigas*. Rome: FAO, 2012.
- FURUYA, V. R. B., HAYASHI, C., FURUYA, W. M., SOARES, C. M., & GALDIOLI, E. M. Influência de plâncton, dieta artificial e sua combinação, sobre o crescimento e sobrevivência de larvas de curimatá (*Prochilodus lineatus*). **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, 21, 699-703, 2008.
- GOMES, L.C., BALDISSEROTTO, B., SENHORINI, J.A. Effect of stocking density on water quality, survival, and growth of larvae of the matrinxã, *Brycon cephalus* (Characidae), in ponds. **Aquaculture** .183, 73–81, 2000.
- GOMES, L.C., CHAGAS, E.C., MARTINS-JUNIOR, H., ROUBACH, R., ONO, E.A., LOURENÇO, J.N.P. Cage culture of tambaqui (*Colossoma macropomum*) in a central Amazon floodplain lake. **Aquaculture**. 253, 374–384, 2006.
- GOMIDES, Pedro Fellipe Vieira. **Densidade de estocagem do híbrido pintado amazônico (*Pseudoplatystoma tigrinum* fêmea x *Leiarius marmoratus* macho) em viveiros escavados**. 47 f. Dissertação (Mestrado) - Ciência Animal, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2011
- HAGIWARA, A., SUGA, K., AKAZAWA, A., KOTANI, T., SAKAKURA, Y. Development of rotifer strains with useful traits for rearing fish larvae. **Aquaculture**. 268, 44–52, 2007.
- HUCHETTE, S. M. H; BEVERIDGE, M. C. M; BAIRD, D. J; IRELAND, M. The impacts of grazing by tilapias (*Oreochromis niloticus* L.) on periphyton communities growing on artificial substrate in cages. **Aquaculture**, 186, 1-2, 45-60, 2000.
- HUNTINGFORD, F. A.; LEANIZ, C. G. de. Social dominance, prior residence and acquisition of profitable feeding sites in juvenile Atlantic salmon. **Journal of Fish Biology**, 5, 1009-1014, 1997.
- HYSLOP, E. J. Stomach contents analysis a review of methods and their application. **Journal of Fish Biology**, 17, 411– 429 1980.
- IMBIRIBA, E. P. Potencial de criação de Pirarucu, *Arapaima gigas*, em cativeiro. **Acta**

Amazonica, 31, 2, 299-299, 2001.

IVLEV, V. S. Experimental ecology of the feeding of fishes. New Haven, CT, USA: Yale University Press, 1961.

LEONARDO, A.F.G., ROMAGOSA, E., BORELLA, M.I., BATLOUNI, S.R. Induced spawning of hatchery-raised Brazilian catfish, cachara *Pseudoplatystoma fasciatum* (Linnaeus,1766). **Aquaculture** 240, 451–461, 2004.

LIMA A.F.Effect of size grading on the growth of pirarucu *Arapaima gigas* reared in earthen ponds. **Latin American Journal of Aquatic Research**,48: 38-46, 2020.

LIMA, A. F. Sistema de Produção de Peixes. In: RODRIGUES, A.P.O; LIMA, A.F., ALVES, A.L., ROSA, D.K., TORATI, L.S., SANTOS, V.R.V. (Org.). Piscicultura de Água Doce: Multiplicando Conhecimentos. 2ed. Brasília: Embrapa, 2013, 1, 97-108.

LIMA, A. F., RODRIGUES, A.P.O., LIMA, L. K. F., MACIEL, P. O., REZENDE, F. P., FREITAS, L. E. L., TAVARES-DIAS, M., BEZERRA, T. A. Alevinagem, recria e engorda de pirarucu. Brasília: Embrapa, 152 p, 2017.

LIMA, A. F., SILVA, A. P. DA., RODRIGUES, A. P. O., SOUSA, D. N. DE., BERGAMIN, G. T., LIMA, L. K. F., TORATI, L. S., PEDROZA FILHO, M. X., MACIEL, P. O., FLORES, R. M. V. Manual de piscicultura familiar em viveiros escavados. Brasília: Embrapa, 143, 2015

LIMA, A.F. Crescimento heterogêneo em tilápias cultivadas em tanques-rede e submetidas a classificações periódicas. **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca**, 3, 3 98-101, 2008.

LIMA, A.F., TAVARES-FILHO, A.; MORO, G.V. Natural food intake by juvenile *Arapaima gigas* during the grow-out phase in earthen ponds. **Aquaculture Research**, 49: 2051-2058, 2018.

LIRANÇO, A.D.S.; ROMAGOSA, E.; SCORVO-FILHO, J.D. Desempenho produtivo de *Pseudoplatystoma corruscans* estocados em sistemas de criação: semi-intensivo (viveiro escavado) e intensivo (tanque-rede). **Ciência Rural**, 41, 3, 524-530, 2011.

MAI, M. G., ZANIBONI-FILHO, E. Efeito da idade de estocagem em tanques externos no desempenho da larvicultura do dourado *Salminus brasiliensis* (*Osteichthyes, Characidae*). **Acta Scientiarum Animal Sciences**, 27, 287– 296, 2005.

MAKRAKIS, M. C., NAKATANI, K., BIALETZKI, A., SANCHES, P. V., BAUMGARTNER, G., & GOMES, L. C. Ontogenetic shifts in digestive tract morphology and diet of fish larvae of the Itaipu Reservoir, **Brazil. Environmental Biology of Fishes**, 72, 99– 107, 2005.

MATOS, F. T. de; WEBBER, D. C.; FONTOURA, A. C.; PINHO, E.; ROUBACH, R.; BUENO, G. W.; FLORÊNCIO, D.; BARROS, D. J. **Monitoramento de qualidade de água**

das atividades aquícolas em reservatórios continentais brasileiros. Palmas: Embrapa Pesca e Aquicultura, 66 2016

MENEZES, G.C., TAVARES-DIAS, M., ONO, E.A., ANDRADE, J.I.A., BRASIL, E.M., ROUBACH, R., URBINATI, E.C., MARCON, J.L., AFFONSO, E.G. The influence of dietary vitamin C and E supplementation on the physiological response of pirarucu, *Arapaima gigas*, in net culture. **Comparative Biochemistry and Physiology. Part A, Molecular & Integrative Physiology** 145, 274–279, 2006.

MERA, A., COBO, F., GONZÁLEZ, M.A. Valor Nutritivo y energético de Algunas Familias de Macroinvertebrados Dulceacuícolas Pertenecientes alla Base Trófica del Salmón Atlántico (*Salmo salar* L., 1758) en Estadios Juveniles. In: Real Asociación Asturiana de Pesca Fluvial - INDUROT(Eds.), El Salmón Atlántico en la Península Ibérica: un reto del siglo XXI. Universidad de Oviedo, Oviedo, 155–161, 1999.

MOORE, J.W., MOORE, I.A. The basis of food selection in flounders, *Platichthys flesus*, in the Severn Estuary. **Journal Fish Biology**. 9, 139–156, 1976.

MUÑOZ, A. E. P.; FLORES, R. M. V.; PEDROZA FILHO, M. X.; BARROSO, R. M.; RODRIGUES, A. P. O.; MATAVELI, M.; REZENDE, F. P. Piscicultores e demais agentes da cadeia produtiva discutem os custos de produção de pirarucu em viveiro escavado em Ariquemes, Rondônia. Palmas: Embrapa Pesca e Aquicultura. 6 (**Informativo Campo Futuro, 16**), 2015

NORBERG, J. Periphyton fouling as a marginal energy source in tropical tilapia cage farming. **Aquaculture Research**, 30, 6, 427- 430, 1999.

NUNN, A.D., HARVEY, J.P., COWX, I.G. The food and feeding relationships of larval and 0+year juvenile fishes in lowland rivers and connected water bodies. II. Prey selection and the influence of gape. **Journal. Fish Biology**, 70,743–757, 2007.

OLIVEIRA, E. G., PINHEIRO, A. B., OLIVEIRA, V. Q., SILVA, A. R. M., MORAES, M. G., ROCHA, Í. R. C. B., SOUSA, R. R., COSTA, F. H. F. Effects of stocking density on the performance of juvenile pirarucu (*Arapaima gigas*) in cages. **Aquaculture**, 370-371, 96-101, 2012.

OLIVEIRA, V., POLETO, S. L., & VENERE, P. C. Feeding of juvenile pirarucu (*Arapaima gigas*, Arapaimidae) in their natural environment, lago Quatro Bocas, Araguaiana-MT, **Brazilian Neotropical Ichthyology**, 3, 312–314, 2005.

ONO, E. A.; KEHDI, J. Manual de boas práticas de produção do pirarucu em cativeiro. Brasília, DF: Sebrae, 44 p, 2013.

ONO, E. A.; KEHDI, J. Manual de boas práticas de reprodução do pirarucu em cativeiro. Brasília, DF: Sebrae, 76 p, 2013.

ONO, E. A.; KUBITZA, F. Cultivo de Peixes em Tanques-rede, 2. ed. Jundiaí, SP: Sebrae. 1. 68p, 1999

PAULA, F. G. **Desempenho do tambaqui (*Colossoma macropomum*), de pirapitinga (*Piaractus brachypomum*) e do híbrido Tambatinga (*C. macropomum x P. brachypomum*) mantidos em viveiros fertilizados, na fase de engorda.** 62f. Dissertação (Mestrado em produção animal) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia. 2009.

PAVANELLI, G. C.; EIRAS, J da C.; TAKEMOTO, R.M. Doenças de peixes: profilaxia, diagnóstico e tratamento. 2.ed. Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 305, 2002.

PEDREIRA, M. M.; SANTOS, J. C. E.; SAMPAIO, E. V. PEREIRA, F. N. SILVA, J. L. Efeito do tamanho da presa e do acréscimo de ração na larvicultura de pacamã. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, 37, 7, 1144-1150, 2008.

PEDROZA FILHO, M. X; RODRIGUES A. P. O. REZENDE, F. P; LIMA, A. F; MUNOZ, A. E. P; MATAVELI, M. Panorama da cadeia produtiva do pirarucu. **Ativos da Aquicultura CNA**. Ano 2 - Ed 8, 2016.

PEIXE, BR. Anuário Peixe BR da piscicultura 2019. **Associação Brasileira de Piscicultura**, São Paulo, 2020.

PEREIRA, L; MERCANTE, C.T.J. A amônia nos sistemas de criação de peixes e seus efeitos sobre a qualidade da água. **Boletim do Instituto de Pesca**, 31(1):81-88, 2005.

PEREIRA-FILHO, M., CAVERO, B.A.S., ROUBACH, R., ITUASSÚ, D.R., GANDRA, A.L., CRESCÊNCIO, R. Cultivo do pirarucu *Arapaima gigas* em viveiro escavado. **Acta Amazonica** 33, 715–718, 2003.

PROIETTI JÚNIOR, A. A.; LIMA, L. S.; CARDOSO, F. M. N.; RODRIGUES, D. DOS P.; TAVARES-DIAS, M. Bacterioses em alevinos de pirarucu de cultivo, com ênfase em edwardsiellose e aeromonose. **CIRCULAR TÉCNICA**, 2017.

QUEIROZ, H. L., & SARDINHA, A. D. A preservação e o uso sustentado dos pirarucus (*Arapaima gigas*, Osteoglossidae) em Mamirauá. In H. L. Queiroz, & W. G. R. Crampton (Eds.), **Estratégias para manejo dos recursos pesqueiros em Mamirauá** (108–145). Brasília, Brasil: CNPq/ MCT, 1999.

REBELATTO JUNIOR, I. A.; LIMA, A. F.; RODRIGUES, A. P. O.; MACIEL, P. O.; KATO, H. C. de A.; MATAVELI, M.; REZENDE, F. P.; VARELA, E. S.; SOUSA, A. R. B. de; SANTOS, C.; BOIJINK, C. de L.; YOSHIOKA, E. T. O.; O'SULLIVAN, F. L. de A. Reprodução e engorda do pirarucu Levantamento de processos produtivos e tecnologias. Brasília: Embrapa, 102, 2015.

RIBEIRO, D. F; NUÑER, A. P. O. Feed preferences of *Salminus brasiliensis* (Pisces, Characidae) larvae in fish ponds. **Aquaculture**, 274, 1, 65-71, 2008.

- ROSS, L. G., FALCONER, L. L., CAMPOS, M. A. & MARTINEZ PALACIOS, C. A. Spatial modelling for freshwater cage location in the Presa Adolfo Mateos Lopez (El Infiernillo), Michoacán, México. **Aquaculture Research**, 42, 797-807, 2011.
- SANTOS, E. L.; SANTOS, Í. V. V. de S; LIRA, R. C; SILVA, C. F; MOURA, S. C. de S; FERREIRA, A. J. dos S; SILVA, R. M. Frequência de arraçoamento para alevinos de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Agropecuária Técnica**, Rio Largo, 35, 1, 171-177, 2014.
- SANTOS, F. W. B. NUTRIÇÃO DE PEIXES DE ÁGUA DOCE: DEFINIÇÕES, PERSPECTIVAS E AVANÇOS CIENTÍFICOS. **Revista Panorama da Aquicultura**, [S.L], 14, 63, 13-18, jun. 2004.
- SANTOS, J. F; SOARES, K. L. S; ASSIS, C. R. D; GUERRA, C. A. M; LEMOS, D. CARVALHO. L. B; BEZERRA R. S. Digestive enzyme activity in the intestine of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) under pond and cage farming systems. **Fish Physiology and Biochemistry**, 42, 5, 1259-1274, 2016.
- SCHAEFER, F., KLOAS, W., WURTZ, S. Arapaima: candidate for intensive freshwater culture. *Global Aquaculture Advocate*, November/December, 50–51, 2012.
- SEBRAE. **Manual de Boas práticas de produção e cultivo do Pirarucu em Cativeiro**. Serviço Brasileiro de Apoio à Micro e Pequenas Empresas. Porto Velho, RO. 2010, 44 p.
- SHAW, G.W., PANKHURST, P.M., PURSER, G.J. Prey selection by green back flounder *Rhombosolea tapirina* (Günther) larvae. **Aquaculture** 228, 249–265, 2003.
- SILVA, C. C., FERREIRA, E. J. G., & DEUS, C. P. Dieta de cinco espécies de Hemiodontidae (Teleostei, Characiformes) na área de influência do reservatório de Balbina, rio Uatumã, Amazonas, Brasil. **Iheringia, Série Zoologia**, 98, 465– 468, 2008.
- SILVA, C.R., GOMES, L.C., BRANDÃO, F.R. Effect of feeding rate and frequency ontambaqui (*Colossoma macropomum*) growth, production and feeding costs during the first growth phase in cages. **Aquaculture**, 264, 135–139, 2007.
- SILVA, P. C.; KRONKA, S. N.; TAVARES, L. H. S.; SOUSA JÚNIOR, R. P.; SOUZA, V. L. Avaliação econômica da produção da tilápia nilótica em tanques com diferentes trocas de água e densidades populacionais no sistema Raceway. **Acta Scientiarum**, 25, 1, 9-13, 2003.
- SIPAÚBA-TAVARES, L. H., BRAGA, F. M. S. The feeding activity of *Colossoma macropomum* larvae (tambaqui) in fish ponds with water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) fertilizer. **Brazilian Journal of Biology**, 67, 459–466, 2007.
- SPATARU, P., WOHLFARTH, G. W., & HULATA, G. Studies on the natural food of different fish species in intensively manured polyculture ponds. *Aquaculture*, 35, 283–298, 1983.
- TEIXEIRA, J.L. DE A. E GURGEL, H. DE C.B. METODOS DE ANÁLISE DO

CONTEÚDO ESTOMACAL EM PEIXES E SUAS APLICAÇÕES. **Arquivos do Mudi**, 6, 1, 20-25, 2013.

TEIXEIRA, R. N. G.; CORREA, R. DE O.; FARIA, M. T. DE; MEYER, G. Piscicultura em tanques-rede: **Coleção Criar**. Brasília: Embrapa, 120 p, 2009.

TOLUSSI, C.E., HILSDORF, A.W.S., CANEPPELE, D., MOREIRA, R.G. The effects of stocking density in physiological parameters and growth of the endangered teleost species piabanha, *Brycon insignis* (Steindachner, 1877). **Aquaculture**, 310, 221–228, 2010.

WINEMILLER, K. O. Ontogenetic diet shifts and resource partitioning among piscivorous fishes in the Venezuelan llanos. **Environmental Biology Fishes**, 26, 177 – 199, 1989.

WOO, P.T.K.; BRUNO, D.W.; LIM, L.H.S. Diseases and Disorders of Finfish in Cage Culture. Wallingford, UK: CABI Publishing, CAB International, 2014.

ZAVALA-CAMIN, L. A. Introdução aos estudos sobre alimentação natural em peixes. Maringá, Brasil, 1996.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DA INTRODUÇÃO

- ABIMORAD, E.G., FAVERO, G.C., CASTELLANI, D., GARCIA, F., CARNEIRO, D.J. Dietary supplementation of lysine and/or methionine on performance, nitrogen retention and excretion in pacu *Piaractus mesopotamicus* reared in cages. *Aquaculture* 295, 266–270, 2009.
- BARCELLOS, L.J.G., KREUTZ, L.C., QUEVEDO, R.M., FIOREZE, I., CERICATO, L., SOSO, A.B., FAGUNDES, M., CONRAD, J., BALDISSERA, R.K., BRUSCHI, A., RITTER, F. Nursery rearing of jundiá, *Rhamdia quelen* (Quoy & Gaimard) in cages: cage type, stocking density and stress response to confinement. *Aquaculture* 232, 383–394, 2004
- BARD, J.; IMBIRIBA, E. P. Piscicultura do pirarucu, *Arapaima gigas*. Belém, PA: EMBRAPA-CPATU, 1986. 17. (EMBRAPA-CPATU. Circular técnica, 52).
- BARROS, A. F. Análise Sócio econômica e Zootécnica da piscicultura na microrregião da Baixada Cuiabana-MT. 129 f. Doutorado (Aquicultura) Universidade Estadual do Paulista, Jaboticabal. 2010.
- BEERLI, E. L. Alimentação e Comportamento de Pós-Larvas de Pacu. 51 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2002.
- BHAKTA, J. N, SARKAR, D. JANA, S. E JANA, BB. Optimizing the fertilizer dose for carp farming under polyculture. *Aquaculture*, 239, 125 – 139, 2004.
- BOZANO, G. L. N.; CYRINO, J. E. P. Produção intensiva de peixes em tanques-rede e gaiolas – Estudo de casos. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE PEIXES, 3, 1999, Campinas. Anais... Campinas: CBNA, 53-60. 1999.
- BRAUN, N., LIMA, R.L., BALDISSEROTTO, B., DAFRE, A.L., NUÑER, A.P.O. Growth, biochemical and physiological responses of *Salminus brasiliensis* with different stocking densities and handling. *Aquaculture* 301, 22–30, 2010
- BROWN, M.R. Nutritional value and use of microalgae in aquaculture. Avances em Nutrición Acuicola. In. Memorias Del VI Simposium Internacional de Nutrición Acuicola. Cancún, Quitana Roo, México, 2002.
- CAHU, C.; ZAMBONINO-INFANTE, J. Substitution of live food by formulated diets in marine fish larvae. *Aquaculture*, Amsterdam, 200, 2, 161-180, 2001.
- CARNEIRO, P. C. F. et al. Estudo de caso de criação comercial de tilápia vermelha em tanques-rede – Avaliação econômica. *Inf. Econ.* São Paulo, 29, 3, 52-61, 1999.
- CARVALHO, A. P.; OLIVIA-TELES, A.; BERGOT, P. A preliminary study on the molecular weight profile of soluble protein nitrogen in live food organisms for fish larvae. *Aquaculture*, Amsterdam, 225, 1/4, 445-449, July 2003.
- CAVALCANTI, E.A.H.; LARRAZÁBAL, M.E.L. Macrozooplâncton da Zona Econômica

Exclusiva do Nordeste do Brasil (segunda expedição oceanográfica –REVIZEE/ NE II) com ênfase em Copepoda (crustácea). **Revista Brasileira de Zoologia** 21: 467 – 475. 2004.

CAVERO, B. A. S., ITUASSÚ, D. R., PEREIRA-FILHO, M., ROUBACH, R., BORDINHON, A. M., LEÃO DA FONSECA, F.A.& ONO, E. A. Uso de alimento vivo como dieta inicial no treinamento alimentar de juvenis de pirarucu. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 38: 1011-1015, 2003a.

CAVERO, B. A. S., PEREIRA-FILHO, M., ROUBACH, R., ITUASSÚ, D. R., GANDRA, A. L., CRESCÊNCIO, R. Biomassa sustentável de juvenis de pirarucu em tanques-rede de pequeno volume. **Acta Amazônica**, 33, 723–728 ,2003.

CAVERO, B. A. S., PEREIRA-FILHO, M., ROUBACH, R., ITUASSÚ, D. R., GANDRA, A. L. & CRESCÊNCIO, R. Efeito da densidade de estocagem na homogeneidade do crescimento de juvenis de pirarucu em ambiente confinado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 38: 103-107, 2003b.

COUTTEAU, P.; SORGELOOS, P. Manipulation of dietary lipids, fatty acids and vitamins in zooplankton cultures. **Freshwater Biology**, Oxford, 38, 3, 501-512, 1997.

COWAN JR, J. H., ROSE, K. A., & HOUDE, E. D. Size-based foraging success and vulnerability to predation: Selection of survivors in individual-based models of larval fish populations. In R. C. Chambers, & E. A. Trippel (Eds.), *Early life history and recruitment in fish populations* (pp. 357– 389). London, UK: Chapman & Hall, 1997.

CYRINO, J. E. P., BICUDO, A. J. A., SADO, R. Y., BORGHESI, R., & DAIRIKI, J. K. A piscicultura e o ambiente – o uso de alimentos ambientalmente corretos em piscicultura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 39, 68– 87, 2010.

ESTEVES, F. A. Fundamentos de Limnologia. Interciência, Rio de Janeiro, Brasil. 1998.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. The State of World Fisheries and Aquaculture. **Fisheries and Aquaculture Department**. Rome: FAO; 2016.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. The State of World Fisheries and Aquaculture. **Fisheries and Aquaculture Department**. Rome: FAO; 2018.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. The State of World Fisheries and Aquaculture. **Fisheries and Aquaculture Department**. Rome: FAO; 2019.

GEIGER, J. G. Uma revisão da produção e fertilização de zooplâncton de lagoa para a cultura de robalo larval e de alevinos. **Aquaculture**, 35, 353 – 369, 1983.

GOMES, L.C., BALDISSEROTTO, B., SENHORINI, J.A. Effect of stocking density on water quality, survival, and growth of larvae of the matrinxã, *Brycon cephalus* (Characidae), in ponds. **Aquaculture** .183, 73–81, 2000.

GOMES, L.C., CHAGAS, E.C., MARTINS-JUNIOR, H., ROUBACH, R., ONO, E.A., LOURENÇO, J.N.P. Cage culture of tambaqui (*Colossoma macropomum*) in a central Amazon floodplain lake. **Aquaculture**. 253, 374–384, 2006

GUERREIRO, L. R. J. **Custos de produção, análise econômica e gerencial em unidade de produção de alevinos de peixes reofilicos: estudo de caso em Rondônia**. 2012. 160 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestre em Zootecnia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

HAGIWARA, A.; GALLARDO, W. G.; ASSAVAAREE, M.; KOTANI, T.; ARAUJO, A. B. Live food production in Japan: recent progress and future aspects. **Aquaculture**, Amsterdam, 200, 111-127, 2001.

IMBIRIBA, E. P. Potencial de criação de pirarucu, *Arapaima gigas*, em cativeiro. **Acta Amazonica**, 31, 2, 299-315, 2001.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (**IBGE**). Produção da pecuária municipal. Rio de Janeiro, 2019.

KIBRIA, G.; NUGEGODA, D.; FAIRCLOUGH, R.; LAM, P., & BRADLY, A. Zooplâncton: Sua bioquímica e significado na aquicultura. *NAGA, The ICLARM Quarterly*, 20, 8 - 14, 1997.

KOLKOVSKI, S. digestive enzymes in fish larvae and juveniles-implications and applications to formulated diets. **Aquaculture**, Amsterdam, 200, 1/2, 181-201, 2001.

KUBITZA, F. Controle financeiro na aquicultura. Jundiaí: F. Kubitza, 2004. 79p.

KUBITZA, F. Nutrição e alimentação dos peixes cultivados. Campo Grande, Mato Grosso do Sul: Ed. Projeto Pacu/Agropeixe, 1998. 108.

KUBITZA, F., & LOVSHIN, L. L. Effects of initial weight and genetic strain on feed training largemouth bass *Micropterus salmoides* using ground fish flesh and freeze-dried krill as starter diets. **Aquaculture**, 148, 179 – 190, 1997.

KUROKAWA, T.; SHIRAISHI, M.; SUZUKI, T. Quantification of exogenous protease derived from zooplankton in the intestine of Japanese sardine (*Sardinops melanotictus*) larvae. **Aquaculture**, Amsterdam, 161, 1/4, 491-499, Feb. 1998.

LEONARDO, A.F.G., ROMAGOSA, E., BORELLA, M.I., BATLOUNI, S.R. Induced spawning of hatchery-raised Brazilian catfish, cachara *Pseudoplatystoma fasciatum* (Linnaeus,1766). **Aquaculture** 240, 451–461, 2004.

LIAO, I.C., HUANG, T.S., TSAI, W.S., HSEUH, C.M., CHANG, S.L., LEAÑO, E.M. Cobia culture in Taiwan: current status and problems. **Aquaculture**, 237, 155–165, 2004

- LIMA, A. F. Sistema de Produção de Peixes. In: RODRIGUES, A.P.O; LIMA, A.F., ALVES, A.L., ROSA, D.K., TORATI, L.S., SANTOS, V.R.V. (Org.). Piscicultura de Água Doce: Multiplicando Conhecimentos. 2ed. Brasília: Embrapa, 2013, 1, 97-108.
- LIMA, A. F., SILVA, A. P. DA., RODRIGUES, A. P. O., SOUSA, D. N. DE., BERGAMIN, G. T., LIMA, L. K. F., TORATI, L. S., PEDROZA FILHO, M. X., MACIEL, P. O., FLORES, R. M. V. Manual de piscicultura familiar em viveiros escavados. Brasília: Embrapa, 143, 2015
- LIRANÇO, A. D. S., ROMAGOSA, E., & SCORVO-FILHO, J. D. Desempenho produtivo de *Pseudoplatystoma corruscans* estocados em sistemas de criação: Semi-intensivo (viveiro escavado) e intensivo (tanque-rede). **Ciência Rural**, 41, 524– 530, 2011.
- LUZ, R. K., & PORTELLA, M. C. Effect of prey concentrations and feed training on production of *Hoplias lacerdae* juvenile. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, 87, 1125– 1132, 2015.
- MENEZES, G.C., TAVARES-DIAS, M., ONO, E.A., ANDRADE, J.I.A., BRASIL, E.M., ROUBACH, R., URBINATI, E.C., MARCON, J.L., AFFONSO, E.G. The influence of dietary vitamin C and E supplementation on the physiological response of pirarucu, *Arapaima gigas*, in net culture. **Comparative Biochemistry and Physiology. Part A, Molecular & Integrative Physiology** 145, 274–279, 2006.
- MUÑOZ, F. TOBAR, J. M.; ARIAS, J. A. Respuesta a la primera alimentación en larvas de barbilla *Rhamdia sebae* c.f. (Pisces: Siluriformes, Pimelodidae). **Fac. Cienci. Agropec.**, 5, 1 2007.
- NELSON, Joseph Schieser. Fishes of the World. 4 ed. New York: John Wiley and Sons, 2006.
- OLIVEIRA, E. G., PINHEIRO, A. B., OLIVEIRA, V. Q., SILVA, A. R. M., MORAES, M. G., ROCHA, Í. R. C. B., SOUSA, R. R., COSTA, F. H. F. Effects of stocking density on the performance of juvenile pirarucu (*Arapaima gigas*) in cages. **Aquaculture**, 370-371, 96-101, 2012
- ONO, E. A., HALVERSON, M. R., & KUBITZA, F. Pirarucu - O gigante esquecido. **Panorama da Aquicultura**, 14 (81), 14-25, 2004.
- ONO, E. A; KUBITZA, F. Cultivo de Peixes em Tanques-rede, 2. ed. Jundiaí, SP: Sebrae. 1. 68, 1998.
- PEDREIRA, M. M.; SANTOS, J. C. E.; SAMPAIO, E. V. PEREIRA, F. N. SILVA, J. L. Efeito do tamanho da presa e do acréscimo de ração na larvicultura de pacamã. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, 37, 7, 1144-1150, 2008.
- PEIXE, BR. Anuário Peixe BR da piscicultura 2019. **Associação Brasileira de Piscicultura**,

São Paulo, 2019.

PEIXE, BR. Anuário Peixe BR da piscicultura 2019. **Associação Brasileira de Piscicultura**, São Paulo, 2020.

PEREIRA-FILHO, M., CAVERO, B.A.S., ROUBACH, R., ITUASSÚ, D.R., GANDRA, A.L., CRESCÊNCIO, R. Cultivo do pirarucu *Arapaima gigas* em viveiro escavado. **Acta Amazonica** 33, 715–718, 2003.

PORTELLA, M. C.; TASSER, M. B.; JOMORI, R. K.; CARNEIRO, D. J. Substituição do Alimento Vivo na Larvicultura. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA**, 12., 2002, Goiânia-GO. Anais. Goiânia: ABRAQ, 2002.

ROCHA, C. M. C. D., RESENDE, E. K. D., ROUTLEDGE, E. A. B., & LUNDSTEDT, L. M. Prefácio: Avanços na pesquisa e desenvolvimento na aquicultura brasileira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 48, 8, 2013.

SCHMITTOU, H. R. **Produção de Peixes em Alta Densidade em Tanques-Redes de Pequeno Volume**. Campinas: Mogiana Alimentos e Associação Americana de Soja, 1997. p. 78.

SCHULTER, E.P; VIEIRA FILHO, J.E.R. Evolução da piscicultura no brasil: diagnóstico e desenvolvimento da cadeia produtiva de tilápia. **IPEA**, 2017.

SCORVO FILHO J. D.; MARTINS, M. I. E.; FRASCÁ-SCORVO, C. M. D. Instrumentos para análise da competitividade na piscicultura In: CYRINO, J. E. P. et al. (Ed). **Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva**. São Paulo: TecArt. 517-525. 2004.

SCORVO FILHO, J. D., ROMAGOSA, E., DA SILVA AYROZA, L. M., & FRASCÁ-SCORVO, C. M. D. Desempenho produtivo do pintado, *Pseudoplatystoma corruscans* (Spix & Agassiz, 1829), submetidos a diferentes densidades de estocagem em dois sistemas de criação: intensivo e semi-intensivo. **Boletim do Instituto de Pesca**, 34(2), 181-188. 2008.

SEBRAE. **Manual de Boas práticas de produção e cultivo do Pirarucu em Cativeiro**. Serviço Brasileiro de Apoio à Micro e Pequenas Empresas. Porto Velho, RO. 2010, 44 p.

SILVA, A. L. N.; SIQUEIRA, A. T. **Piscicultura em tanques-rede: princípios básicos**. Recife: UFRPE, 1998. 72 pp.

SILVA, C.R., GOMES, L.C., BRANDÃO, F.R. Effect of feeding rate and frequency on tambaqui (*Colossoma macropomum*) growth, production and feeding costs during the first growth phase in cages. *Aquaculture*, 264, 135–139, 2007.

SILVA, P. C.; KRONKA, S. N.; SIPAÚBA-TAVARES, L. H.; SILVA-JUNIOR, R. P.; SOUZA, V. L. Avaliação econômica da produção de tilápia (*Oreochromis niloticus*) em sistema “raceway”. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, 25, 1, 9-13, 2003.

SIPAÚBA-TAVARES, L. H.; ROCHA, O. Produção de plâncton (Fitoplâncton e Zooplâncton) para alimentação de organismos aquáticos. São Carlos: **RIMA**, 106, 2003.

SIPAÚBA-TAVARES, L. H; MILLAN, R. N, & AMARAL, A. A. Influence of management on plankton community of fishponds during the dry and rainy seasons. **Acta Limnologica Brasiliensia**, 22, 70 – 79, 2010.

SIPAÚBA-TAVARES, LH E BRAGA, FMS. Atividade alimentar de larvas de *Colossoma macropomum* (tambaqui) em viveiros de peixes com adubação de aguapé (*Eichhornia crassipes*). **Revista Brasileira de Biologia**, 67, 459 - 466, 2007.

SPATARU, P., WOHLFARTH, GW, & HULATA, G. Studies on the natural foods of different fish species in heavily fertilized polyculture ponds. **Aquaculture**, 35, 283 – 298, 1983.

TEIXEIRA, J.L. DE A. E GURGEL, H. DE C.B. Métodos de análise do conteúdo estomacal em peixes e suas aplicações. *Arquivos do Mudi*. 6, 1, 20-25, 2013.

TOLUSSI, C.E., HILSDORF, A.W.S., CANEPPELE, D., MOREIRA, R.G. The effects of stocking density in physiological parameters and growth of the endangered teleost species piabanha, *Brycon insignis* (Steindachner, 1877). *Aquaculture*, 310, 221–228, 2010.

TROELL, M., METIAN, M., BEVERIDGE, M., VERDEGEM, M., & DEUTSCH, L. Comment on ‘Water footprint of marine protein consumption aquaculture’s link to agriculture’. *Environmental Research Letters*, 9, 2014.

VIDAL JUNIOR, M.V.V. **Sistemas de produção de peixes ornamentais**. Cadernos Técnicos de Veterinária e Zootecnia, Belo Horizonte, n. 51, p. 62-74, 2006.

ZIMMERMAM, S.; FITZSIMMONS, K. Tilapicultura Intensiva. In: Tópicos Especiais em Piscicultura de Água Doce Tropical Intensiva. Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática. TecArt, cap 9, 239–266, 2004.