



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE – FURG
INSTITUTO DE OCEANOGRAFIA



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA

Condicionamento reprodutivo do matrinxã *Brycon amazonicus* (Spix & Agassiz, 1829) submetido a jejum prolongado.

Vivianne da Silva Fonseca.

Engenheira de Pesca.

Rio Grande - RS.

2012



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE – FURG
INSTITUTO DE OCEANOGRAFIA



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA

Condicionamento reprodutivo do matrinxã *Brycon amazonicus* (Spix & Agassiz, 1829) submetido a jejum prolongado.

Autora: Vivianne da Silva Fonseca

Orientador: Ricardo Berteaux Robaldo (FURG)

Co-orientadora: Marle Angélica Villacorta Correa (UFAM)

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do grau de mestre em Aquicultura no Programa de Pós-Graduação em Aquicultura da Universidade Federal do Rio Grande - FURG.

Rio Grande – RS

2012

Dedico este trabalho

Aos meus sobrinhos que sempre me trazem alegria em todos os momentos.

Ao Jean Pierre (*In memoriam*), o gato mais fofo que conheci que por quase 13 anos de convivência, me deu muitas alegrias e muito companheirismo.

Aos matrxãs, sem seu sacrifício nada disso seria possível.

Agradecimentos

Agradeço em primeiro lugar a Deus que iluminou o meu caminho durante esta jornada, principalmente na etapa final, pois onde mais precisei.

Aos meus pais, Inácia e Ulisses, a minha irmã Roseanne e a toda a minha família que com muito amor e carinho sempre me apoiaram e não mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa da minha vida.

Ao meu orientador Dr. Ricardo Berteaux Robaldo pela paciência na orientação, disposição e incentivo que tornaram possível a conclusão desta dissertação, pela amizade, ensinamentos, pelos conselhos e pelos momentos de acolhimento junto a sua família.

À Dra. Marle Angélica Villacorta Correa pelo apoio no momento da realização do experimento. Pelos ensinamentos, minha primeira “mãe” científica, desde época do grupo PET-PESCA na graduação na UFAM.

À Dra. Christiane Patrícia Oliveira, colaboradora do projeto, pelo apoio nas análises laboratoriais, pelo convívio e amizade.

À FAPEAM pela bolsa de mestrado modalidade *Stricto sensu*, concedida a mim pelo Programa de Apoio a Formação de Recursos Humanos Pós-Graduados do Estado do Amazonas. Meu muito obrigado, por dar esta oportunidade incentivando aos graduados do Amazonas a buscarem novos conhecimentos a serem empregados no estado.

Ao projeto Desenvolvimento da Aquicultura e Recursos Pesqueiros na Amazônia-DARPA, com apoio financeiro para a realização do experimento.

A todos os professores do curso de Aquicultura da FURG que foram importantes para minha formação.

Ao secretário Sérgio Pilengui pelas informações e esclarecimentos do funcionamento do curso de Aquicultura.

À Universidade Federal do Amazonas por ter cedido a Estação de Aquicultura da Fazenda Experimental para realização do experimento.

Ao Dr. Cristian Perez pelos ensinamentos e pela ajuda na montagem da estrutura experimental.

Aos técnicos da estação de Aquicultura da UFAM, Jefferson e Antonio, pelo apoio durante todo o experimento até a finalização.

Às professoras Ana Lúcia e Inês da UFAM pela ajuda no momento da amostragem para coleta do material para análise. E também aos alunos que participaram das amostragens do curso de Engenharia de Pesca da UFAM.

Ao Dr. Adalberto Val por ter cedido o Laboratório de Ecofisiologia Evolução Molecular do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (LEEM-INPA) para realização das análises biológicas.

As minhas amigas da “República das Galácticas” que me deram forças para “embarcar” nesta aventura de atravessar o Brasil para estudar e morar no Sul do Brasil.

Aos amigos que conheci no Cassino que fizeram parte da minha vida nos momentos de alegria, tristeza, nos dias mais frios, nas jantãs, nas festas, nos “churras”. O meu muito obrigado!

Ao meu amigo Marcondes Júnior, pela amizade, que dura há 10 anos, pela companhia, pelo apoio quem dedicado desde o primeiro momento que pisei no Cassino.

A todos os meus amigos de longa data que sempre me apoiaram na minha vida e carreira profissional.

A todos, que direta ou indiretamente contribuíram para a realização dessa dissertação.

Sumário

Lista de tabelas	VIII
Lista de figuras	IX
Resumo	10
Abstract	12
1. Introdução	14
2. Material e Métodos	23
2.1 Desenho experimental	23
2.2 Variáveis físicas e químicas da água	24
2.3 Biometria e biomassa	24
2.3.1 Coletas de material biológico	25
2.3.2 Análises bioquímicas sanguíneas.	26
2.3.3 Análises nos tecidos	29
2.3.4 Variáveis biométricas	31
2.3.5 Fecundidade absoluta e relativa	32
2.3.6 Induções à Desova	33
2.3.7 Análise estatística	34
3. Resultados	35
4. Discussão	41
5. Conclusão	57
6. Referências	58

Listas de tabelas

Tabela 1. Variáveis físico-químicas da água em viveiros de terra 24 empregados como unidades experimentais para indução reprodutiva de *Brycon amazonicus* submetidos a diferentes regimes alimentares.

Tabela 2. Efeito do jejum prolongado pré-reprodutivo sobre os 35 parâmetros hematológicos e bioquímicos plasmáticos de reprodutores de *Brycon amazonicus*. Média \pm erro padrão (n). Letras minúsculas representam diferença significativa entre as médias em função do tratamento. Letras maiúsculas representa diferença significativa entre as médias em função do sexo (t teste; $p < 0,1$).

Tabela 3. Efeito do jejum prolongado pré-reprodutivo sobre os 36 parâmetros bioquímicos hepáticos de reprodutores de *Brycon amazonicus*. Média \pm erro padrão (n). Letras minúsculas representam diferença significativa entre as médias em função do tratamento (t teste; $p < 0,1$).

Tabela 4. Efeito do jejum prolongado pré-reprodutivo sobre os 37 parâmetros bioquímicos no músculo de reprodutores de *Brycon amazonicus*. Média \pm erro padrão (n). Letras minúsculas representam diferença significativa entre as médias em função do tratamento. Letras maiúsculas representa diferença significativa entre as médias em função do sexo (t teste; $p < 0,1$).

Tabela 5. Efeito do jejum prolongado pré-reprodutivo sobre os dos 38 índices gonadosomáticos(IGS), hepatosomáticos (IHS), de gordura cavitária eviscerada (IGC) e fator de condição (K) de reprodutores de *Brycon amazonicus*. Média \pm erro padrão (n). Letras minúsculas representam diferença significativa entre as médias em função do tratamento (t teste; $p < 0,1$).

Tabela 6. Fecundidade absoluta e relativa de *Brycon amazonicus* 40 mantido sob diferentes regimes alimentares (alimentados diariamente e jejum prologado pré-reprodutivo). Média \pm erro padrão (n). Não houve diferença significativa entre as médias em função do tratamento (t teste; $p < 0,1$).

Tabela 7. Parâmetros de indução reprodutiva de reprodutores de *Brycon amazonicus* mantidos sob diferentes regimes alimentares (alimentados diariamente e jejum prologado pré-reprodutivo). Média \pm erro padrão (n). Letras diferentes representam diferença significativa entre as médias em função do tratamento (t teste para amostra única; $p < 0,1$).

Lista de Figuras

Figura 1. Exemplar de *Brycon amazonicus*. 23

Figura 2. Efeito do jejum prolongado pré-reprodutivo sobre os níveis 39 de esteróides sexuais (Testosterona e 17β -estradiol) de reprodutores de *Brycon amazonicus* Média \pm erro padrão (t teste; $p < 0,10$).

Resumo.

O matrinxã *Brycon amazonicus* é bastante apreciado pela qualidade de sua carne e é a segunda espécie mais produzida por piscicultura da Região Norte do Brasil. É uma espécie reofilica, e em sua migração reprodutiva experimenta redução da ingesta por três meses contínuos. Trabalhos realizados com a espécie em estudo indicaram que a restrição alimentar pré-reprodutiva melhora a resposta dos reprodutores em cativeiro, como um aumento dos óvulos de fêmeas restritas. O objetivo desse trabalho foi avaliar o desempenho reprodutivo do matrinxã quando exposto a jejum prolongado, semelhante ao sofrido pela espécie no ambiente natural. Para isso, foi realizado experimento de out/2010 a jan/2011 na Estação de Aquicultura da UFAM-AM (2°39'39.27"S 60°03'04.07"W), quando 100 reprodutores foram estocados em 4 viveiros de 600m² (n=25/viveiro), distribuídas em 2 grupos controle alimentados diariamente e dois grupos em jejum por 3 meses no período anterior a desova. Ao término do período experimental, coincidente com o período de desova da espécie, foram efetuados ensaios de indução hormonal com extrato hipofisário de carpa e coleta de tecidos para análises bioquímicas (sangue, fígado e músculo) e cálculo dos índices biométricos: índice hepatosomático, gonadosomático, de gordura cavitária e fator de condição. Nas induções, o jejum promoveu melhora do desempenho reprodutivo com valores superiores nas taxas de sucesso na indução, fertilidade, fertilização e eclosão, comprovando a hipótese testada. Nas fêmeas, o jejum também promoveu diminuição nos níveis plasmáticos de glicose, fração das lipoproteínas de muito baixa densidade e nos triglicérides, indicando uma maior mobilização dos

nutrientes para o desenvolvimento ovariano. Nos machos apenas os níveis de colesterol plasmáticos foram elevados. Os parâmetros bioquímicos hepáticos e musculares demonstraram discreto efeito do jejum, com níveis de triglicérides no fígado reduzidos e de glicogênio muscular aumentado nos machos. Os índices IGS, IHS e IGC não apresentaram diferença para as fêmeas, e apenas o *K* foi reduzido no jejum. Nos machos o IGS e IGC foram elevados e o *K* reduzido na mesma condição. Foi constatada uma maior mobilização de energia para o período reprodutivo nos machos. A principal fonte de energia utilizada parece ter sido os lipídios e as proteínas. Diante dos resultados obtidos neste estudo e em consonância com aqueles realizados anteriormente, foi possível concluir que a manutenção dos reprodutores de matrinxã em jejum prolongado durante os três meses que antecedem o período natural de desova da espécie, promove a otimização da resposta reprodutiva.

Abstract.

The matrinxã *Brycon amazonicus* is appreciated for the quality of its meat and is the second most produced species by aquaculture in Northern Brazil. It's kind rheophilic, and their migration experiences food intake reduction for three continuous months. Work done with the species indicated that dietary restriction improves pre-reproductive response of breeding in captivity, like a rose ova in females restricted. The aim of this study was to evaluate the reproductive performance of matrinxã when exposed to prolonged fasting, similar to that suffered by the species in the natural environment. For this experiment was carried out in Jan/2011 to Oct/2010 in the Aquaculture Station of UFAM-AM (2°39'39.27"S 60°03'04.07"W), when 100 fishes were stocked in four ponds of 600m² (n = 25/pond), distributed into two control groups fed daily and two groups fasted for 3 months in the period before spawning the end of the trial period, coinciding with the spawning period of the species, tests were performed with hormonal induction of carp pituitary extract and collect tissues for biochemical analysis (blood, liver and muscle) and calculation of biometric indexes: hepatosomatic, gonadosomatic, cavity fat and condition factor. In inductions, fasting promoted improvement of reproductive performance with higher values in the rates of successful induction, fertility, fertilization and hatching, proving the hypothesis tested. Fasting also caused a decrease in plasma levels of glucose, lipoprotein fraction of very low density and triglycerides, indicating an increased mobilization of nutrients for ovarian development. In males only the plasma cholesterol levels were elevated. The muscle and liver biochemical parameters showed slight effect where fasting

triglyceride levels decreased in the liver and muscle glycogen increased in males. The indices IGS, IHS and IGC did not differ for females and only K was reduced fasting. In males the IGS and IGC were high and low K in the same condition. We found a greater mobilization of energy for gonadal development in males. The main source of energy used appears to have been the lipids and proteins. Considering the results obtained in this study and in line with those made previously, it was concluded that the maintenance of breeding matrixã prolonged fasting during the three months preceding the period of natural spawning of the species, promotes the optimization of reproductive response.

1. Introdução

A reprodução é essencial para perpetuação da espécie e pode ser definida como a capacidade de gerar gametas viáveis que promovam a fertilização, a embriogênese e a eclosão dos ovos gerando uma prole (Carrilo *et al* 2009).

A reprodução artificial de peixes tem como objetivo produzir quantidade abundante de ovos, larvas e alevinos. Esta técnica envolve a intervenção humana no processo de propagação natural, apresentando as vantagens de melhores taxas de fertilização e eclosão, proteção contra inimigos e condições ambientais favoráveis, e melhores condições de crescimento e sobrevivência (Woynarovich & Horváth 1983).

Assim, após o desenvolvimento das técnicas de indução da reprodução de peixes migradores ocorreu um notável incremento qualitativo na piscicultura mundial, possibilitando a regularidade na produção de alevinos destinados à criação (Zaniboni-Filho & Weingartner 2007).

A utilização destas técnicas reprodutivas por meio de indução hormonal para o amadurecimento final, ovulação e espermição em peixes reofilicos cultivados iniciaram na década de 30, quando foram obtidos resultados positivos de indução a maturação final dos gametas e induções a desovas a partir da aplicação de hormônios naturais presentes na hipófise de peixes maduros (Houssay 1930, Ihering 1935). Esta técnica, chamada hipofisação, continua sendo uma das alternativas utilizadas para induzir a reprodução de peixes migradores (Zaniboni-Filho & Nuñez 2004).

A nutrição dos reprodutores é um dos aspectos mais importantes na reprodução dos peixes, sendo muito pouco estudada. Ajustes na nutrição e alimentação de reprodutores tem demonstrado melhora significativa na qualidade dos óvulos e do sêmen, o que reflete na otimização da produção de alevinos (Izquierdo *et al.* 2001).

Os peixes reofílicos reduzem a ingesta de alimento durante a migração reprodutiva (Mackenzie *et al.* 1998). Esta redução ocorre concomitantemente com a fase de desenvolvimento gonadal, utilizando-se a energia anteriormente armazenada para este fim. Ao final desta fase verifica-se que os depósitos lipídicos são praticamente extintos e a cavidade abdominal passa a ser ocupada por gônadas desenvolvidas (Zaniboni-Filho & Nuñez 2004).

Em sistema de criação, mesmo para os peixes reofílicos, a alimentação é continua devido à oferta diária de alimento. Desta forma não ocorre à redução dos depósitos lipídicos e conseqüentemente o desenvolvimento gonadal e a fecundidade podem ser comprometidos (Camargo *et al.* 2008, Zaniboni-Filho & Nuñez 2004).

Ciclos de restrição alimentar e realimentação já foram aplicados a espécies reofílicas. Ridelman *et al.* (1984) verificaram que o jejum aplicado em fêmeas de truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) durante os três meses que antecederam a desova, não influenciou as características bioquímicas sanguíneas e a viabilidade dos ovos, indicando que havia reservas suficiente nos tecidos para permitir a vitelogênese. No entanto, Cerdá *et al.* (1994) observaram inibição da maturação gonadal ao reduzir a taxa de alimentação de reprodutores de *Dicentrarchus labrax* durante 6 meses. Esses resultados

conflitantes apontam para possíveis respostas espécie-específicas, como já citados por Lim & Klesius (2003).

O matrinxã *Brycon amazonicus* (Spix & Agassiz 1829) é uma espécie reofílica cujo período reprodutivo na natureza coincide com a época da enchente dos rios amazônicos, entre dezembro e fevereiro. Nesse período as reservas de gorduras na cavidade abdominal apresentam-se mínimas ou ausentes (Zaniboni-Filho & Kawakami de Resende 1988). Pizango-Paima *et al.* (2001) estudando a composição corporal e da dieta dessa espécie observaram uma alta percentagem de estômagos vazios, com maior frequência no período de enchente e cheia, indicando que a matrinxã não se alimenta neste período.

O matrinxã, como a maioria das espécies migradoras, não se reproduz espontaneamente em cativeiro devido à desregulações endócrinas impostas na gametogênese e desova. Nessa condição, a maturação final somente ocorre se houver indução hormonal (Gomes & Urbinati 2010). Essa técnica de propagação artificial para a matrinxã foi descrita por Bernadino *et al.* (1993).

Alguns trabalhos testaram restrição e realimentação no manejo de reprodutores com intuito de melhora no desempenho reprodutivo. Ochoa (2002) avaliou o efeito de ciclos de restrição alimentar e realimentação (2/3 dias), aplicados durante três meses antes da desova, sobre as características seminais e o desempenho reprodutivo de machos de matrinxã. Foi verificado aumento do volume de sêmen nos machos mantidos sob restrição alimentar. Entretanto, a qualidade do sêmen não diferiu daquela dos peixes alimentados, uma vez que não foram observadas diferenças significativas nos parâmetros de

motilidade e concentração espermática, e nas taxas de fertilização e eclosão obtidas entre os tratamentos.

Camargo *et al.* (2008) também avaliaram o efeito de ciclos de restrição alimentar e realimentação (2/3 dias) no desenvolvimento gonadal de fêmeas de matrinxã, aplicados durante seis meses antes da desova. Os resultados demonstraram que não houve alteração no peso relativo dos ovários e fígado. Os ovários, nos dois tratamentos, apresentaram as mesmas características de estágio maduro, com predominância de ovócitos na fase final de maturação, repletos de vitelo. Este trabalho indica que a restrição alimentar melhorou a preparação das fêmeas para a reprodução e que ciclos adequados de restrição e realimentação podem ser aplicados na criação do matrinxã, assegurando menores custos de produção.

O efeito da restrição de ração alternada com realimentação aplicada em adultos de ambos os sexos de matrinxã não afetou o desenvolvimento gonadal (Carvalho & Urbinati 2005). Em contrapartida, Arias-Castellanos *et al.* (2005) demonstraram que fêmeas desta mesma espécie, submetidas a uma dieta restrita a 50% da frequência alimentar (de 6 para 3 vezes/semana sob taxa de arraçoamento de 3% da biomassa ao dia), durante 4 meses, apresentaram redução no índice de gordura visceral e aumento do diâmetro dos óvulos.

Porém, os trabalhos supracitados abordaram apenas o desempenho reprodutivo, sem englobar as possíveis alterações fisiológicas e bioquímicas que podem ter ocorrido durante a privação de alimento.

Segundo Zanardi (2011), a energia é uma das principais exigências para qualquer espécie animal, sendo essencial para manutenção, crescimento e

reprodução. Parte dessa energia é fornecida pelos carboidratos, pelos lipídios e pelas proteínas (Zaiden 2000). Estes substratos energéticos, principalmente proteínas e lipídios, têm sido utilizados para avaliar o perfil de mobilização energética dos animais, demonstrando a preferência no acúmulo e mobilização destes substratos nos diferentes grupos de vertebrados submetidos às mais diversas condições (Amaral 2009).

O carboidrato armazenado no fígado, na forma de glicogênio, é uma importante fonte de energia em peixes. Mediante gasto energético, o carboidrato é degradado e distribuído ao corpo, como glicose, pela corrente sanguínea, com concentração mantida em níveis fisiológicos, à custa do glicogênio hepático quando os peixes são submetidos a jejum prolongado (Ranzani-Paiva & Godinho 1988).

Os peixes são bem adaptados a sobreviver por períodos longos de privação alimentar, apresentando habilidade de recuperar-se por meio de alterações comportamentais, fisiológicas e bioquímicas (Takahashi *et al.* 2011). Segundo Sheridan & Mommsen (1991) espécies como *Carassius auratus* e *Gadus morhua* preservam os estoques de glicogênio enquanto são mobilizadas quantidades significativas de lipídios durante a privação alimentar. Enquanto que em fêmeas de *Oncorhynchus mykiss*, ocorre à mobilização das reservas de glicogênio hepático durante o jejum (Pottinger *et al.* 2003). Segundo este autor a mobilização de glicogênio ocorre para substituir a ausência de ingestão de carboidratos, ao mesmo tempo em que ocorre diminuição dos níveis de glicose plasmática. Em alguns casos ocorrendo também utilização de reservas lipídicas para tolerar os níveis baixos de glicose.

No processo de maturação gonadal de peixes, as fêmeas requerem uma quantidade de macro e micronutrientes que serão transferidos para os oócitos em desenvolvimento nas gônadas, envolvendo processos de mobilização de reservas armazenadas em diferentes tecidos como fígado, músculo, tecido adiposo ou ainda intestinos (Amaral 2009).

Estudos com *Salmo gairdneri* (Nassour & Léger 1989), *Oncorhynchus mykiss* (Washburn *et al.* 1990), *Brycon hilarii* (Zaiden 2000) e *Arapaima gigas* (Amaral 2009) demonstraram relações diretas entre o ciclo reprodutivo e os parâmetros metabólicos.

Em *Dicentrarchus labrax*, durante o jejum as reservas de lipídios e carboidratos são degradadas inicialmente, sendo seguido pelas proteínas (Echevarría *et al.* 1997). Assim, os produtos desta degradação deverão ser representados no sangue, bem como deverão ocorrer alterações na atividade de enzimas das vias metabólicas envolvidas (Chatzifotis *et al.* 2011).

Este último estudo, avaliando o efeito do jejum em longo prazo e jejum seguido de re-alimentação (dois meses jejum/ dois meses re-alimentados) durante a fase de maturação de *D. labrax*, verificou que o jejum prolongado causa redução significativa do índice gonadosomático juntamente com a deterioração do estado nutricional, afetando a maturação gonadal em ambos os sexos. Isto foi associado a um menor valor de triglicerídeos, fosfolípidos e lípidos totais no plasma. Os peixes em jejum também apresentaram um alto valor de colesterol, o que sugere a redução da síntese de hormônios esteróides durante a maturação.

Os hormônios esteróides são importantes reguladores do desenvolvimento e maturação sexual, influenciando no processo reprodutivo. A síntese dos hormônios em machos ocorre nas células de Leydig, e os principais androgênios produzidos pelo tecido testicular são a testosterona e 11-cetotestosterona (El-Gharabawy *et al.* 2007). O 17 β -estradiol é o principal hormônio nas fêmeas e controla a síntese da vitelogenina no fígado e o desenvolvimento dos folículos ovarianos, já as progesteronas hidroxiladas atuam como indutores da maturação final (Dahle *et al.* 2003).

Toguyeni *et al.* (1996) avaliando o efeito do jejum em *Oreochromis niloticus* depois de duas semanas, não registrou nenhuma alteração nos níveis de 11- cetotestosterona, nem de 17 β estradiol e resultados semelhantes foram demonstrados em *Mcquaria ambigua* submetida ao jejum durante 5 meses (Collins & Anderson 1999).

O estudo de características hematológicas é bastante empregado para avaliar o estado nutricional dos peixes, pois o sangue é um dos tecidos mais dinâmicos do organismo. Transporta as células sanguíneas, nutrientes e componentes energéticos. (Zanardi 2011, Bani & Vayghan 2011).

O conhecimento da resposta hematológica a diferentes dietas pode ser útil para protocolos de alimentação. Em um estudo que avaliou o efeito da dieta com diferentes níveis de proteína (30, 40 e 50%) sobre os parâmetros hematológicos de jundiás (*Rhandia quelen*), foi observado que o nível protéico influencia os parâmetros eritrocitários, especialmente o número total de eritrócitos, a taxa de hemoglobina e o hematócrito. Sendo que o nível de 50% de PB estimulou a eritropoiese (Camargo *et al.* 2005).

A análise hematológica também se trata de uma importante ferramenta para conhecer as condições de saúde normal ou patológica dos animais. Assim, a avaliação desses componentes auxilia na determinação de condições fisiopatológicas que possam afetar a homeostase reprodutiva dos peixes (Signor *et al.* 2009). A composição sanguínea de peixes está sujeita a fatores como o sexo, o estágio de desenvolvimento gonadal, o estresse, as infecções, o peso e o comprimento corporal do peixe (Tavares-Dias & Moraes 2004)

De acordo com Tavares-Dias & Moraes (2004), em peixes, o número de eritrócitos, o hematócrito e a concentração de hemoglobina dos machos são, para algumas espécies, superiores as das fêmeas. Lazzari *et al.* (2011) avaliaram que os machos de jundiá (*R. quelen*) apresentaram médias da concentração de eritrócitos, de hemoglobina e hematócrito maiores que as fêmeas. O mesmo foi encontrado por Santos *et al.* (2009) quando estudou estas variáveis relacionadas ao sexo e o estágio gonadal do robalo *Centropomus parallelus*. Portanto, a análise das variáveis hematológicas é fundamental para a determinação de referências sobre as condições homeostáticas das espécies (Satake *et al.* 2009).

Como já foi citado, durante o período de abundância alimentar os teleósteos estocam suas reservas energéticas no fígado e na forma de gordura visceral (Rios *et al.* 2002). Com isso a utilização da energia endógena também pode ser avaliada através do índice hepatossomático (IHS) que representa o percentual de massa do fígado em relação ao peso corporal e também permite inferir sobre o estoque de energia (glicogênio) neste órgão (Navarro *et al.* 2009).

O índice gonadosomático (IGS), representa o percentual de massa da gônada em relação ao peso corporal e segundo Navarro *et al.* (2009), este índice tem sido utilizado como importante parâmetro de avaliação de atividade reprodutiva tanto em fêmeas como em machos.

Outro índice bastante utilizado no estudo da biologia de peixes é o fator de condição, que indica condições alimentares recentes, a partir do pressuposto de que indivíduos com maior peso em um dado comprimento estão em melhor condição, e varia durante o ciclo de maturidade sexual (Vazzoler 1981, Santos *et al.* 2006). Villacorta-Correa & Saint-Paul (1999) demonstraram variações no fator de condição de *Colossoma macropomum* ao longo do ano em função da oferta ou escassez de alimentos. Lima-Júnior & Goitein (2006) encontraram menores valores do fator de condição no outono para fêmeas de *Pimelodus maculatus*, em decorrência da mobilização de reservas energéticas durante a atividade reprodutiva, que se estende da primavera ao verão. Assim o fator de condição fornece informações sobre o estado fisiológico dos peixes pela interação de fatores bióticos e abióticos (Vazzoler 1981).

Assim considerando os escassos e contraditórios resultados de ensaios de efeito da restrição alimentar no desempenho reprodutivo de espécies de *Brycon*, bem como o ciclo reprodutivo natural da espécie em estudo, o presente trabalho teve como objetivo analisar o efeito do jejum prolongado sobre a performance reprodutiva de *B. amazonicus* em cativeiro, bem como a análise de variáveis hematológicas e bioquímicas desta espécie, como estratégia de otimização do processo reprodutivo desta espécie.



Figura 1. Exemplar de *Brycon amazonicus*.

2. Material e Métodos

O experimento foi realizado de outubro de 2010 a janeiro de 2011 na Estação de Aquicultura da Fazenda Experimental da Universidade Federal do Amazonas, localizada na BR 174, km 38, Manaus, Amazonas. Foram utilizadas 100 reprodutores selvagens de matrinxã, com aproximadamente três anos de idade. Estes reprodutores foram coletados na junção dos rios Solimões e Negro na localidade conhecida como Catalão (3°09'28.88"S 59°54'55.32"O) e mantidas por mais de um ano no cativeiro em viveiros de chão, semelhantes as unidades experimentais empregadas neste projeto.

2.1 Desenho Experimental

Os reprodutores foram estocados em 4 viveiros de 600m², distribuídos em 2 tratamentos, cada um com duas repetições. A alimentação desses animais foi efetuada duas vezes ao dia (9:00 e 16:00h), durante os 3 meses que antecederam a desova. A taxa de arraçoamento foi de 2% da biomassa por dia (Camargo et al. 2008) com ração comercial NUTRIPEIXE TR 32[®] (Purina-Brasil) com 32% de proteína bruta, 7% de extrato etéreo e 12% de

material mineral (informações do fabricante). Cada viveiro constituiu uma unidade experimental contendo 25 peixes ao total.

Os tratamentos foram constituídos da seguinte forma:

Controle (C) – alimentados todos os dias com ração comercial;

Jejum (J) – jejum prolongado (sem alimentação desde início do experimento até o momento da desova – 3 meses).

2.2 Variáveis físicas e químicas da água

Foi realizado o monitoramento diário do pH (YSI F1 1100), temperatura e o oxigênio dissolvido (YSI modelo 55 Hexis) na água, às 9:00 e às 17:00 horas. As temperaturas registradas nos viveiros oscilaram dentro de limites usuais no cultivo do matrinxã, embora não se tenha encontrado registros sobre condições adequadas especificamente a reprodutores desta espécie (Bernardino *et al.* 1993, Gomes & Urbinati 2010).

2.3 Biometria e Biomassa

No início do experimento, os animais foram medidos (comprimento total) em ictiômetro (1mm) e pesados em balança semi-analítica (0,01g). Ao término do período experimental, coincidindo com a época do período de desova da espécie na natureza, 12 exemplares de cada unidade experimental foram aleatoriamente selecionados para os ensaios de indução hormonal da ovulação (n=6 fêmeas e n=6 machos) e coleta de amostras biológicas para estudo da condição fisiológica reprodutiva pré-indução (n=3 fêmeas e machos n=3).

Tabela 1. Variáveis físico-químicas da água em viveiros de terra empregados como unidades experimentais para indução reprodutiva de *Brycon amazonicus* submetidos a diferentes regimes alimentares.

Variáveis	Horário (h)	Viveiros			
		Controle 1	Jejum 1	Controle 2	Jejum 2
Temperatura (°C)	09:00	30,2 ± 0,2	30,0 ± 0,1	29,5 ± 0,1	29,2 ± 0,1
	17:00	32,1 ± 0,2	32,0 ± 0,2	31,2 ± 0,2	31,5 ± 0,2
O ₂ Dissolvido (mg.L ⁻¹)	09:00	4,7 ± 0,2	5,3 ± 0,2	6,3 ± 0,2	6,0 ± 0,2
	17:00	6,9 ± 0,2	7,3 ± 0,2	8,2 ± 0,2	8,3 ± 0,3
pH	09:00	7,9 ± 0,1	8,8 ± 0,1	7,3 ± 0,1	7,1 ± 0,1
	17:00	9,7 ± 0,1	9,7 ± 0,1	8,6 ± 0,1	8,3 ± 0,1

2.3.1 Coletas de material biológico

Para a coleta de material, os peixes foram anestesiados com eugenol (50mg.L⁻¹) até perda total do equilíbrio. As amostras de sangue foram obtidas por meio de punção da veia caudal com auxílio de seringas previamente heparinizadas. O sangue foi subdividido em duas subamostras. Uma mantida como sangue integral para determinação de glicose, hematócrito, contagem de eritrócitos (RBC) e concentração de hemoglobina. A outra foi centrifugada para obtenção do plasma sanguíneo para a dosagem de proteínas totais, triglicerídeos e frações de colesterol (HDL, LDL e VLDL).

2.3.2 Análises bioquímicas sanguíneas

Glicose

A concentração de glicose sanguínea foi determinada com o glicosímetro Accu-Chek® Roche ($0,01\text{mg.dL}^{-1}$).

Hematócrito (Ht)

A partir de amostras de sangue total foram preenchidos dois tubos de microhematócrito por peixe e centrifugados a 12.000 rpm por 10 min em centrífuga para microhematócrito. Os valores de hematócrito (% de elementos figurados) foram lidos em tabela específica fornecida pelo fabricante da centrífuga (Micro Spin – Mod. Spin 1000 -12000RPM). O valor para cada animal foi considerado como a média das duas determinações.

Contagem de eritrócitos (RBC)

Para a contagem dos eritrócitos 10 μl de sangue recém coletado foi colocado em um tubo de ensaio e diluído em 2 ml de Formol Citrato (3,8 g de citrato de sódio; 2,0 ml formol e água destilada q.s.p. 100 ml). Após homogeneização, o diluído foi transferido para a câmara de Neübauer, onde decantou por 10 min antes da contagem dos eritrócitos (células.mL^{-1}) sob objetiva de 40 X.

Concentração de hemoglobina ([Hb])

A concentração de Hb foi determinada segundo o método da cianometahemoglobina, descrito por Kampen & Zijlstra (1964). Para tanto, 15 μl de sangue foram diluídos em 3 mL de reagente Drabkin (KCN 0,5g; KH_2PO_4

1,4g; $K_3[Fe(CN)_6]$ 2,0g; água destilada q.s.p. 1L). Após a homogeneização, a absorbância das amostras foi determinada em 540 nm em espectrofotômetro Spectronic Genesis-2. Os valores da concentração de hemoglobina foram expressos em $g.dL^{-1}$ e obtidos a partir da fórmula: $[Hb] = A_{540} \times 0,146 \times 201$

Onde: A_{540} = valor da leitura na absorbância em 540nm; 0,146 = fator de correção; 201 = diluição das amostras.

Proteínas totais

A quantificação de proteínas totais foi determinada pelo método de Bradford (1976). Este método é um ensaio colorimétrico baseado na ligação do corante Coomassie Brilliant Blue G-250 com a proteína. A leitura foi realizada no espectrofotômetro modelo SPECTRA Max Plus 384 (Molecular Devices), em absorbância de 595nm, com valores expressos em $\mu g.mL^{-1}$.

Colesterol

A quantificação do colesterol total no plasma foi determinada de acordo com kit COLESTEROL 250 (DOLES Reagentes), pelo método de oxidação da 4-aminoantipirina (4-antipirilquinonimina) com medição da absorbância em espectrofotômetro a 510nm. A leitura foi realizada no espectrofotômetro modelo Spectronic Genesys™2. Os valores foram expressos em $mg.dL^{-1}$.

O colesterol HDL foi quantificado no plasma de acordo com kit COLESTEROL HDL (DOLES Reagentes) pela metodologia PEG 6000 modificada. As lipoproteínas de baixa densidade (LDL) e muito baixa densidade (VLDL), são precipitadas seletivamente por polietilenoglicol tamponado (PEG 6000). No sobrenadante resta apenas a fração de alta densidade (HDL). A

leitura foi realizada como descrito acima. Os valores são expressos em mg.dL^{-1} .

Para o cálculo das frações de colesterol, LDL e VLDL utilizaram-se as seguintes fórmulas:

Colesterol VLDL= triglicérides/5;

Colesterol LDL= colesterol total - colesterol (HDL+VLDL)

Triglicérides

As triglicérides foram estimadas colorimetricamente através da transformação em glicerol por ação da lipase e subsequente transformação de glicerol em glicerolfosfato. O glicerolfosfato é oxidado a dihidroxiacetona. Este sofrerá nova oxidação originando a 4-Aminoantipirina (4- Antipirilquinonimina) de coloração avermelhada e sua intensidade diretamente proporcional à concentração de triglicérides, medida em 510 nm em espectrofotômetro. Valores foram expressos em mg.dL^{-1} .

Esteróides gonadais

Das amostras de plasma foram avaliados os níveis dos esteróides sexuais: testosterona (T) nos machos e 17beta-estradiol (E2) nas fêmeas. Foi utilizado o método do ensaio imunoenzimático em microplaca através de kit Testosterone AccubindTM ELISA Test Sytem e Estradiol ELISA kit Diagnostic Biochem Inc. (Canadá).

2.3.3 Análises nos tecidos

Depois da retirada do sangue, os animais ainda anestesiados foram sacrificados por seção da medula espinhal, pesados e medidos, e em seguida, dissecados para pesagem e coletas de amostras de fígado, músculo, gônadas e gordura visceral. As amostras foram identificadas e armazenadas em nitrogênio líquido até dosagens analíticas de:

Glicogênio hepático e muscular

Para determinação do glicogênio hepático e muscular amostras de fígado e músculo, aproximadamente 50 mg e 100 mg, respectivamente, foram homogeneizadas em um macerador de teflon com 1 mL de solução de citrato de sódio 100 mM ajustada a pH 5,0.

Após a homogeneização, a amostra foi incubada a 100°C durante 10 min em banho-maria, sendo em seguida centrifugada durante 15 min a 8000 g. Duas amostras de 500 µL foram retiradas do sobrenadante, uma delas foi tratada com 100 µL da enzima α -amiloglicosidase e a outra com o mesmo volume de água destilada. Ao mesmo tempo, um padrão de glicogênio (500 µL de uma solução 1 mg.mL⁻¹) também foi tratado com a enzima α -amiloglicosidase e outro padrão de glicogênio recebeu o mesmo volume de água destilada. As amostras e os padrões foram então incubados durante 2,5 h a 55°C. Ao final da incubação foi feita nova centrifugação a 8000g durante 30 min.

A determinação do conteúdo de glicose das amostras após os tratamentos supracitados foi realizada de acordo com o protocolo do kit Glucox

500[®] (Doles Reagentes Ltda). As amostras foram lidas em espectrofotômetro de placa, Spectra Max Plus, em 510nm.

As concentrações teciduais de glicogênio ($\mu\text{g}\cdot\text{mg}^{-1}$) foram calculadas utilizando-se a seguinte fórmula:

$$\text{Glicogênio} = \frac{\frac{(\text{ABS AT} - \text{ABS A})}{\text{ABS P}} \times 111}{\frac{(\text{ABS PGT} - \text{ABSPG})}{\text{ABS P}}} \times 100 \times P$$

Onde:

ABS A= absorvância da amostra não tratada com a enzima α -amiloglicosidase

ABS P= absorvância do padrão de glicose

P= peso da amostra

1= volume de citrato de sódio utilizado para homogeneização da amostra

111= peso molecular do glicogênio

ABS AT= absorvância da amostra tratada com a enzima α -amiloglicosidase

ABS PGT= absorvância do padrão de glicogênio tratado com a enzima α -amiloglucosidase

ABS PG= absorvância do padrão de glicogênio não tratado com a enzima α -amiloglicosidase.

Paras as análises de triglicerídes e colesterol, foram separadas subamostras aproximadamente de 100 mg de cada tecido (fígado e músculo)

foram homogeneizados em 1 mL de solução salina e centrifugados em 6600 g por 10 min a 5°C. Estas análises foram realizadas conforme descrito anteriormente para o plasma sanguíneo. Os valores são expressos em mg.g⁻¹ de tecido.

2.3.4 Variáveis biométricas

Fator de Condição (K)

O fator de condição foi determinado pela equação:

$$K = P/CT, \text{ onde } P = \text{ peso (Kg) e } CT = \text{ comprimento total (cm).}$$

Índice Gonadosomático (IGS)

Após a classificação macroscópica das gônadas de acordo com Zaniboni-Filho & Resende (1988), as mesmas foram dissecadas e pesadas para o cálculo IGS de acordo com a equação a seguir:

$$IGS = (\text{peso da gônada/peso corporal}) \times 100.$$

Índice Hepatosomático (IHS)

Este índice representa o peso percentual do fígado em relação ao peso do corpo, sendo calculado como IHS:

$$IHS = (\text{peso do fígado/ peso corporal}) \times 100.$$

Índice de Gordura Cavitária Eviscerado (IGC)

É o percentual de gordura cavitária em relação ao peso do peixe eviscerado:

$$\text{IGC} = (\text{peso da gordura/peso eviscerado}) \times 100.$$

2.3.5 Fecundidade absoluta e relativa

Após a coleta do sangue, os peixes, ainda anestesiados, foram sacrificados por secção da medula espinhal, e as gônadas removidas, pesadas e macroscopicamente classificadas em cinco estádios de maturação segundo Zaniboni-Filho & Resende (1988). Onde foram utilizadas somente sete fêmeas no estágio maduro para este estudo.

As gônadas foram armazenadas em Solução de Gilson até a dissociação total do tecido conjuntivo das lamelas ovarianas e liberação dos ovócitos, os quais foram posteriormente transferidos para álcool 70% onde foram preservados até sua contagem e medição.

O estudo da fecundidade foi realizado pelo método volumétrico de acordo com Vazzoler (1996). Para contagem e medição, o volume de ovócitos foi medido em uma proveta de vidro de 1000 mL. Após esse procedimento foi retirada três amostras de 5mL utilizando-se uma pepita Stempel, posteriormente foram transferidos para uma placa petri, previamente marcada em quatro partes iguais, onde foi contados todos os ovócitos presentes. Da última sub-amostragem mediu-se o diâmetro dos ovócitos do quadrante superior direito da placa petri. Sabendo-se o volume total, e o número de ovócitos presentes na amostra, obteve-se a fecundidade absoluta (n° de ovócitos contidos no ovário) do exemplar estimada por uma regra de três e a relativa (n° ovócitos/peso da fêmea(g)).

2.3.6 Induções à Desova

Os reprodutores foram selecionados para a reprodução artificial pela identificação de características externas, quando as fêmeas apresentaram o abdômen distendido e papila urogenital saliente. E os machos quando liberavam o sêmen por massagem abdominal (Gomes & Urbinati 2010).

Os reprodutores foram pesados para o cálculo das doses hormonais de indução e marcados com fios coloridos presos na nadadeira dorsal para identificação posterior. Após foram transferidos para duas caixas de fibra de vidro (2000 L), em fluxo contínuo, com sexos separados por caixa.

A indução hormonal da matrinxã foi feita com o uso de extrato bruto de hipófise de carpa comum, preparado com a maceração e diluição em 0,5 ml de solução salina (0,9% NaCl). Foram utilizadas duas doses nas fêmeas, sendo uma preparatória (0,5mg/kg de peixe) e uma decisiva (5,0mg/kg de peixe), o intervalo de aplicação entre as doses foi de 08 a 10 h. Nos machos, foi aplicada apenas a dose decisiva (2,0 mg/kg de peixe), no mesmo momento da segunda dose das fêmeas (Gomes & Urbinati 2010).

Quatro a oito horas depois após a segunda aplicação hormonal nas fêmeas, com uma temperatura média ao redor de 26-27°C, ocorre a ovulação. A partir deste momento as fêmeas foram monitoradas a cada 15 min para observação do momento da extrusão, evidenciado pela liberação de alguns ovócitos nas caixas de fibra de vidro, realizando-se posteriormente a massagem abdominal nas fêmeas para extrusão dos óvulos. A fertilização foi realizada pelo método a "seco", empregando-se sêmen de dois machos para

cada desova. Em seguida adicionou-se água para ativação dos espermatozoides, fertilização e fechamento da micrópila. Os ovos foram transportados para incubadoras cilíndrico cônicas (60 L) após a hidratação, em fluxo contínuo, com temperatura de $27,8 \pm 0,1$ °C e fotoperíodo natural (Gomes & Urbinati 2010).

Seis horas após a fertilização, 3 amostras de ovos ($n \cong 50$) foram observadas a fresco em placa de Petri para determinar o percentual de fertilização (%), sendo feita a contagem de ovos gorados e ovos viáveis (embriões em desenvolvimento).

Para o cálculo da taxa de eclosão (%), após 10 horas da fertilização, momentos antes da eclosão, 3 amostras por desova foram coletadas, conforme relatado para a taxa de fertilização. Quando 50% das larvas haviam rompido o córion foi realizada a contagem considerando as larvas livres e em movimento dentro dos ovos (com cauda livre), como larvas eclodidas.

Outras variáveis foram analisadas para avaliar o desempenho reprodutivo das fêmeas:

- Número de ovócitos por grama de desova;
- Diâmetro dos ovócitos (mm), que foram medidos em lupa estereomicroscópica com ocular micrométrica;

2.3.7 Análise estatística

Médias com variâncias homocedásticas foram comparadas entre as duplicatas dos tratamentos através do teste “t” de Student. Para as não

homocedásticas foi aplicado o teste não paramétrico “U” de Mann-Whitney. Todas as análises consideraram um nível de significância de 90% ($p < 0,1$). Para os cálculos foi empregado o programa Statistica 7.0[®]. Os resultados são expressos através da média e erro padrão da média (EP). Também foi calculado o coeficiente de correlação entre os índices de gordura cavitária e gonadosomático.

3. Resultados

Bioquímica Sanguínea

Os resultados obtidos nas análises hematológicas demonstraram um maior efeito do jejum sobre as fêmeas (Tabela 2). Foram observadas reduções nos níveis de glicose, na fração das VLDL e nos triglicérides. Para os machos, apenas os níveis de colesterol total foram alterados, com aumento dos níveis plasmáticos após o jejum. O hematócrito dos machos foi significativamente maior que o das fêmeas apenas para os animais jejuados, mas a mesma tendência foi verificada para os alimentados.

Tabela 2. Efeito do jejum prolongado pré-reprodutivo sobre os parâmetros hematológicos e bioquímicos plasmáticos de reprodutores de *Brycon amazonicus*. Média \pm erro padrão (*n*). Letras minúsculas representam diferença significativa entre as médias em função do tratamento. Letras maiúsculas representa diferença significativa entre as médias em função do sexo (*t* teste; $p < 0,1$).

Parâmetros	Fêmeas		Machos	
	Controle	Jejum	Controle	Jejum
Hemoglobina (g.dL ⁻¹)	12,2 \pm 0,8 (8)	11,8 \pm 0,9 (6)	13,2 \pm 1,1 (3)	13,3 \pm 0,8 (6)
Eritrócitos (x10 ⁶ . μ L ⁻¹)	1,8 \pm 0,2 (8)	1,6 \pm 0,3 (6)	2,8 \pm 0,6 (3)	1,9 \pm 0,4 (6)
Hematócrito (%)	53,8 \pm 2,0 (8)	51,4 \pm 2,33 A (6)	58,0 \pm 2,5 (3)	58,9 \pm 1,8 B (6)
Proteínas (mg.dL ⁻¹)	1,4 \pm 0,2 (8)	1,27 \pm 0,25 (6)	1,1 \pm 0,3 (3)	1,5 \pm 0,2 (6)
Glicose (mg.mL ⁻¹)	110,4 \pm 11,8 ^a (8)	75,2 \pm 13,6 ^b (6)	90,8 \pm 8,6 (3)	92,7 \pm 6,1 (6)
Colesterol (mg.dL ⁻¹)	514,2 \pm 31,0 (8)	481,0 \pm 26,8 (6)	371,1 \pm 41,6 ^a (3)	471,1 \pm 29,4 ^b (6)
Colesterol HDL (mg.dL ⁻¹)	211,4 \pm 18,3 (8)	233,9 \pm 21,1 (6)	203,9 \pm 14,5 (3)	209,7 \pm 10,3 (6)
Colesterol LDL (mg.dL ⁻¹)	152,6 \pm 31,4 (8)	190,4 \pm 36,3 (6)	205,3 \pm 38,1 (3)	154,2 \pm 15,6 (6)
Colesterol VLDL (mg.dL ⁻¹)	117,0 \pm 9,3 ^a (8)	89,8 \pm 10,7 ^b (6)	135,3 \pm 12,6 (3)	107,2 \pm 9,0 (6)
Triglicérides (mg.dL ⁻¹)	584,8 \pm 46,5 ^a (8)	449,3 \pm 53,7 ^b (6)	676,7 \pm 63,0 (3)	535,8 \pm 44,5 (6)

Análise de fígado e músculo

Nas tabelas 3 e 4 são apresentados os valores dos parâmetros bioquímicos hepáticos e musculares, respectivamente. Os resultados demonstram discreto efeito do jejum sobre as reservas de nutrientes, uma vez que houve alterações apenas para os machos, com redução dos níveis de triglicérides no fígado e aumento do glicogênio no músculo. A concentração média de glicogênio no músculo foi maior no macho do que nas fêmeas. As reservas desse carboidrato demonstraram uma tendência de aumento também no fígado.

Tabela 3. Efeito do jejum prolongado pré-reprodutivo sobre os parâmetros bioquímicos hepáticos de reprodutores de *Brycon amazonicus*. Média \pm erro padrão (n). Letras minúsculas representam diferença significativa entre as médias em função do tratamento (t teste; $p < 0,1$).

Parâmetros	Fêmeas		Machos	
	Controle	Jejum	Controle	Jejum
Triglicérides (mg.g ⁻¹)	20,8 \pm 8,4 (8)	18,6 \pm 13,0 (6)	24,4 \pm 3,7 ^a (3)	10,5 \pm 4,9 ^b (6)
Colesterol (mg.g ⁻¹)	2,1 \pm 0,7 (8)	2,5 \pm 1,9 (6)	3,8 \pm 3,1 (3)	2,8 \pm 1,7 (6)
Glicogênio (μ g.mg ⁻¹)	37,0 \pm 15,3 (8)	33,7 \pm 17,7 (6)	13,2 \pm 12,7(3)	33,0 \pm 9,0 (6)

O efeito do jejum pré-reprodutivo nas variáveis biométricas é apresentado na tabela 5. O IGS, IHS e IGC não apresentaram diferença para as fêmeas, apenas o fator de condição teve efeito do tratamento. Para os machos o fator de condição, o índice gonadosomático e o índice de gordura cavitária apresentaram efeito significativo do jejum.

Tabela 4. Efeito do jejum prolongado pré-reprodutivo sobre os parâmetros bioquímicos no músculo de reprodutores de *Brycon amazonicus*. Média \pm erro padrão (n). Letras minúsculas representam diferença significativa entre as médias em função do tratamento. Letras maiúsculas representa diferença significativa entre as médias em função do sexo (t teste; $p < 0,1$).

Parâmetros	Fêmeas		Machos	
	Controle	Jejum	Controle	Jejum
Triglicérides (mg.g ⁻¹)	2,2 \pm 2,5 (8)	2,3 \pm 1,8 (6)	0,5 \pm 0,4 (3)	1,7 \pm 1,1 (6)
Colesterol (mg.g ⁻¹)	1,5 \pm 0,5 (8)	1,3 \pm 0,5 (6)	1,7 \pm 0,3 (3)	1,1 \pm 0,7 (6)
Glicogênio (μ g.mg ⁻¹)	51,8 \pm 5,2 (8)	54,4 \pm 6,0 A (6)	44,5 \pm 11,2 ^a (3)	75,7 \pm 7,9 B ^b (6)

Foi encontrada correlação significativa entre o IGC e o IGS para fêmeas ($p = 0,00004$; $r = -0,8930$; $n=14$) e machos ($p = 0,04$; $r = -0,6811$, $n=09$), demonstrando que o IGC pode exercer uma maior influência sobre o desenvolvimento gonadal das fêmeas.

Tabela 5. Efeito do jejum prolongado pré-reprodutivo sobre os dos índices gonadosomáticos (IGS), hepatosomáticos (IHS), de gordura cavitária eviscerada (IGC) e fator de condição (K) de reprodutores de *Brycon amazonicus*. Média \pm erro padrão (n). Letras minúsculas representam diferença significativa entre as médias em função do tratamento (t teste; $p < 0,1$).

Parâmetros	Fêmeas		Machos	
	Controle	Jejum	Controle	Jejum
K (%)	3,16 \pm 0,15 ^a (8)	2,53 \pm 0,17 ^b (6)	3,05 \pm 0,17 ^a (3)	2,38 \pm 0,12 ^b (6)
IHS (%)	1,13 \pm 0,1 (8)	0,89 \pm 0,11 (6)	1,05 \pm 0,08 (3)	0,96 \pm 0,06 (6)
IGS (%)	5,12 \pm 2,33 (8)	8,32 \pm 2,69 (6)	0,71 \pm 0,24 ^a (3)	1,27 \pm 0,17 ^b (6)
IGC (%)	2,09 \pm 0,58 (7)	1,41 \pm 0,63 (6)	2,79 \pm 0,41 ^a (3)	0,87 \pm 0,29 ^b (6)

Análise Hormonal.

Não foi evidenciado efeito significativo do jejum sobre os níveis plasmáticos dos esteróides sexuais, estradiol e testosterona em fêmeas e machos, respectivamente (figura 2).

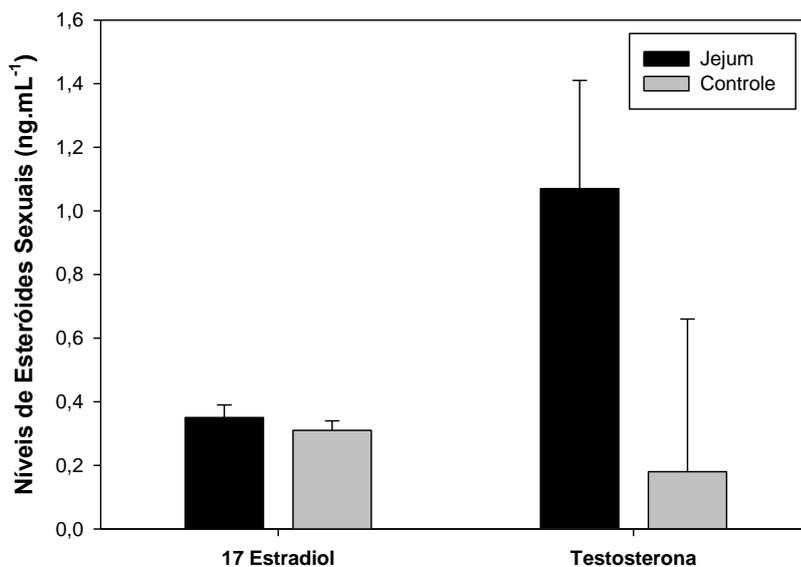


Figura 2: Efeito do jejum prolongado pré-reprodutivo sobre os níveis de esteróides sexuais (Testosterona em machos e 17 β -estradiol em fêmeas) de reprodutores de *Brycon amazonicus* Média \pm erro padrão (*t* teste; $p < 0,10$).

Induções a desova.

Conforme apresentado na tabela 6, as fecundidades absolutas e relativas não demonstraram diferenças significativas entre os tratamentos ($P > 0,05$). Em relação aos parâmetros de indução, somente a fertilidade, as taxas de fertilização e eclosão tiveram efeito do tratamento ($P < 0,05$).

O percentual de fêmeas desovantes verificados neste trabalho foi de 75% para os animais que ficaram em jejum durante os três meses antecedentes ao período de desova e 25% para os reprodutores alimentados todos os dias (Tabela 7).

Tabela 6. Fecundidade absoluta e relativa de *Brycon amazonicus* mantido sob diferentes regimes alimentares (alimentados diariamente e jejum prologado pré-reprodutivo). Média \pm erro padrão (*n*). Não houve diferença significativa entre as médias em função do tratamento (*t* teste; $p < 0,1$).

Fecundidade	Tratamentos	
	Controle	Jejum
Absoluta	246.394 \pm 27.380 (3)	194.937 \pm 23.712 (4)
Relativa (n° ovócitos/peso da fêmea(g))	182 \pm 31 (3)	174 \pm 27 (4)

Tabela 7. Parâmetros de indução reprodutiva de reprodutores de *Brycon amazonicus* mantidos sob diferentes regimes alimentares (alimentados diariamente e jejum prologado pré-reprodutivo). Média \pm erro padrão (*n*). Letras diferentes representam diferença significativa entre as médias em função do tratamento (*t* teste para amostra única; $p < 0,1$).

Variáveis	Tratamentos	
	Controle	Jejum
Sucesso da indução (%)	25	75
Diâmetro dos ovócitos (mm)	1,19 (1)	1,16 \pm 0,015 (4)
Taxa de fertilização (%)	3,3 ^a (1)	40,40 \pm 6,4 ^b (4)
Taxa de eclosão (%)	0,0 ^a (1)	65,4 \pm 10,7 ^b (4)

4. Discussão

Os parâmetros hematológicos neste estudo fornecem informações básicas sobre hematologia para reprodutores de *B. amazonicus* ainda não relatados para a espécie. A análise dos índices sanguíneos é uma ferramenta valiosa na avaliação da condição dos organismos aquáticos, em resposta ao estresse, poluentes, nutrição, bem como sobre condições ecológicas e fisiológicas (Bahamani *et al.* 2001).

Tavares-Dias *et al.* (1999) descreveram os parâmetros hematológicos para juvenis de *B. amazonicus* em cativeiro, os resultados mostraram que o valor médio do eritrograma foi de $2,91 \times 10^6 \cdot \text{mL}^{-1}$, a concentração média de Hb foi de $10,9 \text{ g} \cdot \text{dL}^{-1}$ e valor médio de hematócrito foi de 39 %. Para este estudo os resultados da concentração do eritrócitos e Hb estão dentro da faixa observada por Tavares-Dias e colaboradores, somente diferindo os valores de hematócrito.

Alterações no hematócrito são documentadas em animais em jejum. Shoemaker *et al.* (2003) observaram que o jejum de 4 semanas imposto ao bagre americano *Ictalurus punctatus* não teve efeito sobre o hematócrito. Entretanto, o esturjão (*Acipenser fulvescens*) privado de alimento durante 60 dias teve o hematócrito reduzido, refletindo uma reduzida capacidade do sangue de carregar oxigênio como um resultado do jejum (Gillis & Ballantyne 1996).

Para as fêmeas impostas ao jejum deste trabalho os valores de hematócrito, apesar de não ter ocorrido diferença significativa, apresentou uma

tendência de diminuição em relação ao grupo alimentado. Este fato também foi encontrado por Rios *et al.* (2002) em adultos de traíra (*Hoplias malabaricus*) após 240 dias de jejum. A autora sugeriu a ocorrência de um estado anêmico que causa prejuízo no transporte de oxigênio que é agravado pela redução do número de eritrócitos.

Somente os valores de hematócrito se diferenciaram nos resultados hematológicos analisados por sexo, sendo maiores nos machos. Ranzani-Paiva *et al.* (2005) ao analisar estas variáveis em adultos do pintado *Pseudoplatystomas fasciatum* criados em cativeiro, também encontraram maiores valores para os machos. Este fato também ocorreu com a *Tinca tinca* durante sua época de desova (Guijarro *et al.* 2003). Esta diferença entre os sexos no eritrograma em teleósteos poderá estar relacionada com os hormônios sexuais (Pickford 1959).

A glicose é uma das principais fontes de energia para as células dos peixes, assim como nos mamíferos (Silveira *et al.* 2009). Embora os níveis de glicose no sangue nos peixes variem amplamente entre as espécies e dentro das espécies, durante longo período de jejum as concentrações sanguíneas de glicose são mantidas em um nível constante (Navarro & Gutiérrez 1995). Este fato já foi observado em adultos de *B. amazonicus* (Figueiredo-Garutti *et al.* 2002) e em machos de *Rhamdia quelen* (Barcelos *et al.* 2010).

Os valores médios da glicemia aqui registrados para os reprodutores estão dentro da faixa basal estabelecida para alevinos de *B. amazonicus* por Tavares-Dias *et al.* (1999). Para fêmeas e machos que receberam alimento

durante todo o período experimental neste trabalho, a glicose plasmática não diferiu entre os sexos da mesma forma que em *Brycon hilarii* (Zaiden 2000).

Neste estudo as concentrações de glicose não apresentaram diferenças entre machos de matrinxã nos diferentes tratamentos. Esta manutenção da glicemia, em muitas espécies de peixes durante a privação de alimento, está diretamente relacionada com a capacidade de mobilização de glicogênio no fígado (Pérez-Jiménez *et al.* 2007). A baixa concentração de glicogênio hepático em peixes em jejum indica a utilização desta reserva. Este processo denomina-se glicogenólise e envolve a quebra do glicogênio em glicose-6-fosfato, e sua hidrólise subsequente pela glicose-6-fosfatase a glicose livre para incorporação e uso nas células (Gerich *et al.* 2001).

As fêmeas de matrinxã submetidas ao jejum apresentaram a menor glicemia. Esta hipoglicemia observada nas fêmeas, também já foi reportada para outras espécies no jejum, como *Anguilla anguilla* (Goran *et al.* 1975), *Oncorhynchus kisutch* (Sheridan & Mommesen 1991), *Salmo trutta fario* (Navarro *et al.* 1992), *Acipenser fulvescens* (Gills & Ballantyne 1996) e *Piaractus mesopotamicus* (Signor *et al.* 2009).

O fígado desempenha um papel importante no armazenamento e distribuição de reservas de energia durante a alimentação, sendo um dos primeiros órgãos a ser afetado pela privação de alimento (Power *et al.* 2000). Neste órgão, a quebra do glicogênio varia entre as espécies podendo ser rápida, moderada ou até completa durante o jejum (Sheridan & Mommesen 1991).

Neste estudo os valores de glicogênio hepático dos animais em jejum não diferiram dos alimentados, embora se tenha evidenciado uma tendência de redução para os machos. Guijarro *et al.* (2003) também observaram que a reserva de glicogênio no fígado de *T. tinca*, na época de reprodução, foi menor nos machos. Sheridan & Mommesen (1991), verificaram que *Oncorhynchus kisutch* (independente do sexo), em jejum prolongado, apresentou menores quantidade de glicogênio hepático quando comparado com animais alimentados.

A concentração de glicogênio armazenado no músculo tem uma pequena contribuição para o gasto de energia total nos peixes, e sua mobilização está mais relacionada com o aumento de atividade muscular do que com o processo de jejum (Navarro & Gutiérrez 1995). Barcellos *et al.* (2010) verificaram que o jejum imposto em machos de jundiá não apresentou efeito no conteúdo de glicogênio muscular dos animais.

No presente trabalho o fato supracitado também pode ter ocorrido, pois a quantidade de glicogênio muscular nos machos de matrinxã em jejum foi superior aos valores das fêmeas e de seu controle. O mesmo aconteceu para juvenis desta mesma espécie expostas ao jejum durante 14 dias, o teor de glicogênio muscular manteve-se inalterado, indicando que este estoque não é utilizado primariamente (Figueiredo-Garutti *et al.* 2002). Em contraste com os resultados observados aqui, em outro estudo realizado também com juvenis de matrinxã, o conteúdo de glicogênio no músculo também diminuiu após 15 dias de jejum (Camilo 2007).

Alguns estudos afirmam que nos peixes, as reservas de proteínas são poupadas no início do jejum, assim a proteólise ocorre apenas quando as reservas de energia mais prontamente disponíveis, como glicogênio no fígado e os estoques de lipídios, são consumidas (Navarro & Gutiérrez 1995). Echevarría *et al.* (1997) observaram em adultos de *D. labrax* que as proteínas plasmáticas totais se mantiveram inalteradas durante 40 dias de jejum.

Após três meses de experimentos, os reprodutores de matrinxã não demonstraram diferenças nos níveis plasmáticos de proteínas. Ao contrário do determinado neste trabalho, Santos (2011) observou diferenças nos valores de proteínas plasmáticas de juvenis de *B. amazonicus* após 20 dias de jejum. A autora deste último trabalho, não pode inferir se os juvenis sob jejum tinham utilizado a proteólise para manutenção de suas necessidades. Em outro estudo com *Pagrus pagrus*, onde foi testado dois agentes estressores, alta densidade e jejum, foi constatada uma diminuição das concentrações de proteína e de lactato juntamente com o aumento dos níveis de cortisol no plasma, insinuando que ocorreu estimulação à atividade de gliconeogênese hepática (Laiz-Carrión *et al.* 2012).

As triglicérides são uma importante fonte de energia e a principal forma de armazenamento de energia durante o desenvolvimento gonadal, já o colesterol além de seu papel como constituinte da membrana é também precursor da síntese dos esteróides gonadais (Munoz-Cueto *et al.* 1996).

Os níveis de triglicérides plasmáticos encontrados neste trabalho para fêmeas e machos do matrinxã estão dentro da faixa encontrada por Soares *et al.* (2001) para machos e fêmeas da mesma espécie criados em cativeiro na

região sudeste. Sendo que o conteúdo de triglicérides nas fêmeas em jejum foi reduzido, o que corrobora os achados para fêmeas de *Rutilus frisii kutun* no ambiente natural durante período de desova (Bani & Vayghan 2011), e também com a premissa de que os peixes utilizam uma quantidade considerável de seu estoque lipídico armazenado durante a desova (Guijarro *et al.* 2003).

Quando analisada a concentração de colesterol total plasmático nas fêmeas de matrinxã em jejum, não foi observada redução dos níveis. Entretanto, para o bacalhau (*Gadus morhua*) a quantidade de colesterol plasmático diminui com o desenvolvimento gonadal (Hemre *et al.* 2002). Segundo Svoboda *et al.* (2001) a concentração de colesterol plasmático nas fêmeas diminui no momento da reprodução, devido a incorporação deste nas membranas e estruturas endógenas do ovo.

Em machos de *Dicentrarchus labrax* durante a primeira maturação sexual em cativeiro, verificou-se que a concentração de colesterol plasmático manteve-se elevada durante o mês em que a taxa de alimentação diminuiu, considerando que os níveis de testosterona também estavam altos, atribuiu-se uma transferência do colesterol para os testículos como um precursor para a esteroidogênese (Kavadias *et al.* 2003). O mesmo foi observado para machos em jejum no presente estudo, pois os valores de colesterol total estavam altos e a quantidade de testosterona para os machos em jejum demonstrou uma forte tendência à níveis mais elevados, não tendo apresentada diferença significativa entre os tratamentos, provavelmente em função do reduzido tamanho amostral. O que está de acordo com o maior desenvolvimento gonadal (IGS) registrado nos machos jejuados.

Os lipídios, como o colesterol e triglicérides são transportados em associação com complexo de proteínas no plasma, principalmente quilomicrons, lipoproteínas de muito baixa densidade (VLDL), lipoproteínas de baixa densidade (LDL) e lipoproteínas de alta densidade (HDL), (Henderson & Tocher 1987). As lipoproteínas estão intimamente envolvidas, no transporte de energia durante a produção do ovo no desenvolvimento das gônadas (Wallaert & Babin 1994).

Ma *et al.* (2011) verificaram que o esturjão (*Acipenser baerii*) apresentou uma maior concentração de triglicérides e VLDL no plasma durante a fase final da vitelogênese, posteriormente havendo uma diminuição destes valores na fase de desova. Estes mesmos autores observaram que esta diminuição ocorreu conjuntamente a maior atividade da lipase lipoproteica, enzima que realiza a hidrólise de grandes quantidades de triglicérides e VLDL em ácidos graxos, para serem incorporados nos oócitos.

Para os reprodutores de matrinxã também foi verificada alterações na fração VLDL plasmáticas nas fêmeas impostas ao jejum, observando uma diminuição nestes valores. No entanto, não foram observadas mudanças nas frações HDL e LDL plasmáticos nos reprodutores de matrinxã em ambos os sexos e condições de alimentação. Para *Leuciscus cephalus* no ambiente natural, houve um aumento nos lipídios e nas frações de HDL e VLDL durante o período de pré-desova, os autores associaram este aumento à utilização destes recursos como fonte de energia para a reprodução (Aras *et al.* 2008).

O fator de condição reflete o estado fisiológico dos peixes e varia durante o ciclo sexual, ocorrendo queda no seu valor durante o processo de maturação devido ao consumo de reservas nutricionais (Vazzoler 1970).

Em relação ao fator de condição dos reprodutores no presente estudo, os animais em jejum apresentaram redução deste fator em relação aos animais alimentados. Zaniboni-Filho (1985) observou para *B. amazonicus* na natureza, valores médios do fator de condição reduzidos na época de baixa disponibilidade alimentar concomitante ao início do processo de maturação gonadal, devido aos gastos energéticos necessários para o desenvolvimento das gônadas. O mesmo também foi verificado por Villacorta-Correa & Saint-Paul (1999) estudando *Colossoma macropomum* no ambiente. Em contraponto, Romagosa et al. (2001) estudando indicadores para uma boa resposta reprodutiva de *B. amazonicus* em cativeiro, afirmam que exemplares com fator de condição (peso/comprimento) superiores a 1 devem ser selecionados para a indução a desova.

Os índices hepatosomáticos e gordura víscerosomática podem monitorar a dinâmica da utilização endógena de energia, assim alterações nestes índices refletem a utilização de lipídios, proteínas e glicogênio (Souza et al. 2002). Estes dois índices, juntamente com o gonadosomático, também são considerados indicadores correlacionados com o ciclo de desenvolvimento das gônadas em peixes (Arias-Castellanos et al. 2006).

Os animais sob jejum prolongado responderam da mesma forma que os animais alimentados em relação ao IHS. No estudo realizado por Soares et al. (2001), o tamanho do fígado de machos e fêmeas de matrinxã foram bastante

semelhantes, pois os valores ficaram em torno de 0,95 a 1,25 e 0,9 a 1,3 %, respectivamente. Os valores do IHS determinados neste estudo para os machos estão de acordo com aqueles apresentados no estudo anterior, somente sofrendo redução para as fêmeas em jejum (0,89%). Porém, o IHS das fêmeas neste trabalho está dentro da faixa observada para a mesma espécie e sexo por Camargo *et al.* (2008) quando expostas a restrição alimentar alternada (2 dias alimentados - 0,84 / 3 dias realimentados - 0,91). Em juvenis de *Sparus aurata* um jejum de três semanas provocou redução significativa no índice hepatosomático como consequência da rápida depleção dos estoques de energia do fígado (Power *et al.* 2000).

O IGS reflete as mudanças fisiológicas durante os estágios de desenvolvimento gonadal. Para fêmeas de *B. amazonicus* submetidas a 50% de restrição alimentar por quatro meses durante o período pré-reprodutivo, o IGS não apresentou diferença entre os grupos restritos e alimentados, não afetando o crescimento normal dos ovários (Arias-Castellanos *et al.* 2005). Neste estudo este índice, também não apresentou diferenças significativas para as fêmeas. Já a resposta de fêmeas de matrinxã impostas a períodos de alimentação alternados (3 dias alimentação/2 restrição) durante 6 meses precedentes apresentou valores que não diferiram entre os tratamentos (Camargo *et al.* 2008).

Para os machos, a análise do IGS demonstrou alterações no peso dos testículos em função do jejum, sendo o maior valor, observado nos animais em jejum, igual a 1,27% do peso corporal, semelhante aos dados obtidos por Romagosa *et al.* (2001), também para machos da mesma espécie, e que

apresentaram valor máximo de IGS médio em 1,9%, ao contrário dos valores reduzidos registrados por Ochoa (2002), ainda para *B. amazonicus* quando expostos a períodos de alimentação e jejum alternados (3:2) alcançando neste tratamento valores de IGS médio de apenas $0,47 \pm 0,22\%$ e que não diferiram da condição controle (alimentação contínua). Estes últimos resultados, mais uma vez, ressaltam o efeito benéfico do jejum prolongado sobre o desenvolvimento gonadal do matrinxã.

Nos peixes, em geral, o custo de desenvolvimento gonadal é maior nas fêmeas devido à maior biomassa e abundância em nutrientes nos óvulos do que no sêmen (Sargent 1995). Por isso, frequentemente é observada uma correlação inversa entre o IHS e o IGS para as fêmeas, como por exemplo, em *Lophius litulon*, onde a diminuição do IHS está associada ao aumento do IGS, devido à transferência de reservas armazenadas no fígado para os folículos ovarianos em desenvolvimento (Yoneda *et al.* 2001). Também o mesmo ocorre entre a relação do IGC e o IGS, como já foi demonstrado para *Brycon hilarii*, com uma maior demanda de transferência de nutrientes a partir da gordura cavitária para as fêmeas do que para os machos (Zaiden 2000). Porém, no presente trabalho a relação entre o IGS e o IGC não foi significativa, e diferentemente do que são comumente observados, os resultados indicam que os machos utilizaram mais suas reservas se comparados às fêmeas, uma vez que uma significativa redução dos estoques lipídicos hepáticos e da cavidade celomática foi observada exclusivamente para os machos.

Esta relação inversa também foi constatada para *B. amazonicus*, em ambos os sexos, quando criados em cativeiro. Os maiores valores de IGS

ocorreram no estágio maduro, concomitantemente aos baixos valores de IGC (Arias Castellanos *et al.* 2006). O IGC determina a quantidade de lipídeo visceral disponível como fonte de reserva para os teleósteos (Zaiden 2000, Sheridan 1994). Em juvenis de pacu (*Piaractus mesopotamicus*), a gordura visceral como um sitio de estoque de lipídios, sofre redução acentuada após um período de restrição alimentar de quatro a seis semanas (Souza *et al.* 2002). Na *Perca flavescens*, o teor de lipídio diminui durante o período de desova, e nos machos a quantidade de lipídio visceral reduz durante a espermatogênese, sugerindo que ocorre a mobilização de energia para este processo (Henderson & Tocher 1987). Porém, Oliveira *et al.* (1997) encontrou para machos de pacu criados em represas, maiores reservas de gordura visceral nos machos em relação as fêmeas, este fato segundo os autores, ocorreu devido aos machos adiantarem o processo de desenvolvimento gonadal em relação as fêmeas, as quais no momento da amostragem ainda não haviam entrado no estágio de maturação gonadal.

Bennemann *et al.* (1996) estudando o ciclo da espécie *Steindachneria insculpta* no ambiente natural, verificaram que as médias do IGC estavam baixas durante a intensa atividade reprodutiva. Estes mesmos autores observaram também menores médias do grau de repleção nos estômagos desta espécie no estágio maduro e, portanto provavelmente sob jejum ou restrição alimentar espontânea. Para *Brycon amazonicus* (Zaniboni-Filho 1985) na natureza e *B. hilarii* (Zaiden 2000) em cativeiro, a transferência dos depósitos de gorduras viscerais durante o ciclo gonadal também já foi comprovada, com resultados semelhantes aos descritos no presente estudo.

Os hormônios esteróides apresentam funções diferenciadas, em peixes imaturos, estes hormônios geralmente estimulam a diferenciação gonadal e nos maturos estimulam a gametogênese e a desova ou espermição (Baldisserotto 2009). O hormônio 17β -Estradiol (E2) produzido pelos ovários sob a influência das gonadotropinas, é introduzido no sistema vascular, estimulando a síntese hepática e secreção da vitelogenina para o crescimento dos ovócitos (Nagahama 1994). A testosterona (T) juntamente com 11-cetotestosterona (11-KT) controla os processos de espermatogênese, sendo seus níveis plasmáticos elevados durante a fase de pico reprodutivo, e de espermição (Baldisseroto 2009, Nagahama 1994).

Em *Dicentrarchus labrax*, após redução da taxa de arraçoamento durante 6 meses anteriores ao período reprodutivo, os níveis de E2 foram mais baixos em relação ao grupo controle durante a vitelogênese e desova, neste período também ocorreu ausência de ovócitos vitelogênicos (quando geralmente há a predominância destes) (Cerdá *et al.* 1994). Estes últimos autores sugeriram que baixos níveis circulantes de E2 podem diminuir a taxa de crescimento dos ovócitos resultando em uma produção tardia de ovos viáveis e de menor tamanho. Porém, neste estudo, para as fêmeas de matrinxã submetidas ao jejum, os níveis de E2 circulante não diferiram daqueles encontrados nas fêmeas alimentadas, demonstrando que a restrição alimentar não interferiu na resposta endócrina de sustentação da vitelogênese, ou que pelo fato de que os ovócitos, quando amostrados, já se encontravam no término da vitelogênese, momento em que, por “feed back” negativo, há a sinalização para redução da secreção de E2 (Nagahama, 1994). Para fêmeas

de curimatã-pacu *Prochilodus argenteus*, espécie reofílicas, confinadas numa barragem na bacia do rio São Francisco, foram registrados níveis circulantes reduzidos de T, E2 e 17 α -hidroprogesterona durante a maturação, não alcançando a maturação final dos ovócitos, o oposto foi observado nas fêmeas oriundas da região mais distante da hidrelétrica (maiores concentrações de T e E2) indicando uma influencia dos fatores ambientais favoráveis sobre o eixo hipotálamo-hipófise-gônada levando ao sucesso reprodutivo (Arantes *et al.* 2010).

Cornish (1998) estudando machos adultos de *Oreochromis mossambicus* criados em barragem, observou um aumento nos níveis de colesterol plasmático, concomitantemente com altos valores de testosterona no sangue, sugerindo que os peixes estavam no processo de espermatogênese. Para o presente estudo o mesmo fenômeno também foi observado nos machos de matrinxã jejuados. Gazola & Borella (1997) apontaram uma correlação positiva nas concentrações de T com o IGS para machos de pacu criados em cativeiro apresentando valores mais elevados deste esteróide durante a fase de maturação quando comparados com a fase de repouso, o que se assemelha ao evidenciado para os níveis de T nos machos pré-desovantes neste estudo.

Para o manejo e conservação das espécies de peixes, e também para a aqüicultura, a fecundidade é uma variável importante, pois estima o potencial reprodutivo (Arantes *et al.* 2010). E depende em última instância, do volume da cavidade celomática disponível para alojar os ovários maduros e do volume desses ovócitos (Vazzoler 1996).

Zaniboni-Filho (1985) estudando o *Brycon amazonicus* (matrinxã) na natureza encontrou uma fecundidade total variando entre 36.706 a 309.287 ovócitos. A fecundidade absoluta encontrada para as fêmeas de matrinxã neste estudo está dentro da faixa determinada no trabalho anterior. Arias Castellanos *et al.* (2006), também encontraram uma ampla variação na fecundidade para o matrinxã criados em cativeiro, a qual oscilou entre 24.523 e 434.263 ovos, indicando um resultado da diversidade de variáveis ambientais e fisiológicas que influenciam de maneira diferente na espécie e idade das fêmeas.

No presente trabalho não foi observada diferença na fecundidade absoluta entre os tratamentos. Ali & Wootton (1999) também observaram que a fecundidade não foi afetada após 56 dias de restrição alimentar durante a fase pré-reprodutiva para *Gasterosteus aculeatus*. A mesma situação foi encontrada para *Dicentrarchus labrax*, após 6 meses de alimentação com uma taxa de arraçoamento reduzida para metade da quantidade fornecida normalmente. Os resultados mostraram que apesar da energia fornecida aos animais não ter sido suficiente para satisfazer os requisitos de reprodução, a fecundidade total não diferiu do grupo alimentado normalmente, e a fecundidade relativa foi maior (Cerdá *et al.* 1994).

Pardo-Carrasco *et al.* (2006) encontraram um percentual de desova de 83,3% para *B. amazonicus* induzidos com extrato de hipófise de carpa. Nas fêmeas do presente trabalho o percentual de desovantes foi de 25% e 75%, para fêmeas alimentadas e jejuadas respectivamente, concordando com os resultados do trabalho anterior, no caso das fêmeas que passaram pelo jejum, bem como com a resposta da matrinxã submetida à restrição de 50%

(alimentados três dias/semana) da dieta em relação ao grupo alimentado (seis dias/semana). Nestas condições a matrinxã, respondeu positivamente em 85% dos casos após indução do grupo experimental, indicando que a restrição alimentar imposta não afetou a resposta ao indutor levando a uma melhora da mesma (Arias Castellanos *et al.* 2005).

A qualidade e o tamanho dos ovos podem ser influenciados pelas condições as quais os reprodutores são criados, como a qualidade da dieta, quantidade de alimento, idade, condições ambientais e critérios de seleção (Brooks *et al.* 1997, Bonislawska *et al.* 2000). Neste sentido, o diâmetro dos ovos é considerado como um critério importante para a avaliação do desempenho reprodutivo em peixes (Zakeri *et al.* 2009). No presente trabalho a média encontrada para o diâmetro dos ovócitos de matrinxã esteve em torno de 1,2 mm para as fêmeas alimentadas ou jejuadas por três meses, demonstrando que este tratamento não implica em alteração do tamanho dos ovócitos. O valor determinado está de acordo com os valores achados por outros autores. Zaniboni-Filho (1985) estudando o ciclo reprodutivo do matrinxã na natureza encontrou um diâmetro médio de 1,39 mm, relativamente maior ao tamanho citado por Bernadino *et al.* (1993) para a mesma espécie, quando induzida com extrato de hipófise de *Prochilodus scrofa*, produzindo ovos com diâmetro médio de 1,09 mm. Ainda para a mesma espécie, Romagosa *et al.* (2001) encontrou um valor médio de 1,01 mm para os ovócitos de reprodutores criados na região sudeste.

Fêmeas de truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) após três meses de jejum precedentes a desova, não apresentaram diferença significativa no

diâmetro dos ovos entre exemplares alimentados e jejuados (Ridelman *et al.* 1984). Neste caso, os autores sugeriram que o desenvolvimento dos óvulos ocorreu quando havia disponibilidade de nutrientes suficientes, pois a síntese do vitelo parecia estar completa no período anterior ao jejum. O mesmo resultado foi observado para as fêmeas de matrinxã alimentadas e jejuadas no presente trabalho, não tendo ocorrido diferença significativa entre ambos os tratamentos no diâmetro dos ovos.

As taxas de fertilização e de eclosão neste estudo foram menores que as reportadas por Romagosa (2001) e Martins Júnior (2011) também para *B. amazonicus*, as quais oscilaram entre 63 e 86% na fertilização e entre 60 e 95% na eclosão. Existem poucos registros na literatura sobre estes parâmetros de desempenho reprodutivo em relação ao efeito da restrição alimentar. Ochoa (2002) testou o efeito da restrição alimentar (três dias de alimentação/ dois dias de restrição) em machos do matrinxã durante três meses antecedentes a desova no primeiro ano de estudo e 8 meses no segundo. Posteriormente este autor realizou teste de fertilização com fêmeas alimentadas diariamente verificando que o tratamento imposto não alterou as taxas de fertilização e eclosão. Arias Castellanos *et al.* (2005) também não observaram diferença na fertilização em fêmeas de matrinxãs submetidas a 50% de restrição alimentar, porém obtiveram uma melhora da resposta de indução a desova com produção ovos maiores, salientado o fato de que a restrição empregada constitui uma boa estratégia para a manutenção dos reprodutores.

5. Conclusão.

O estudo das variáveis bioquímicas sanguíneas junto à mobilização das reservas teciduais aponta para um papel primário de disponibilização dos lipídios no sustento do processo migratório reprodutivo com discreto consumo das fontes protéicas de origem muscular e com balanço de carboidratos (glicogênio) que chegou a ser positivo levando ao acúmulo desse substrato energético no músculo. Concluiu também que os machos mobilizam um maior percentual da reserva lipídica durante o desenvolvimento gonadal. Em relação à regulação endócrina da reprodução concluiu que o jejum não altera os níveis de estradiol nas fêmeas, pelo menos na etapa pré-maturacional, mas que nos machos o jejum provoca aumento do colesterol que pode atuar como substrato para esteroidogênese levando a maiores índices plasmáticos da testosterona como indutor do desenvolvimento testicular.

Diante dos resultados obtidos neste estudo e em consonância com aqueles realizados anteriormente, também foi possível concluir que a manutenção dos reprodutores de *Brycon amazonicus* em jejum prolongado durante os três meses que antecedem o período reprodutivo natural, promove a melhora do desempenho reprodutivo da espécie.

6. Referencias.

AMARAL J S. 2009. Esteroides gonadais e metabolismo lipídico ao longo do ciclo reprodutivo de *Arapaima gigas* (SCHINZ, 1822) em ambiente natural. *Dissertação de Mestrado*. Instituto de Biociencias da Universidade de São Paulo.

ALI M, WOOTTON R J. 1999. Coping with resource variation: effect of constant and variable intervals between feeding on reproductive performance at first spawning of female three-spined sticklebacks. *Journal of Fish Biology*, 55, 211–220.

ARANTES F P, SANTOS H B, RIZZO E, SATO Y, BAZZOLI N. 2010. Profiles of sex steroids, fecundity, and spawning of the curimatã-pacu *Prochilodus argenteus* in the São Francisco River, downstream from the Três Marias Dam, Southeastern Brazil. *Animal Reproduction Science*, 118, 330–336.

ARIAS CASTELLANOS J A, ZANIBONI-FILHO E, PARDO-CARRASCO S C, VÁSQUEZ-TORRES W, ATENCIO-GARCIA V J. 2005. Effect of food restriction in spawning of yamú females *Brycon siebenthalae* (Osteichthyes, Characidae). *Acta Sci. Anim. Sci.* Maringá, v. 27, n. 2, 235-239.

ARIAS CASTELLANOS J A, ZANIBONI-FILHO E, AYA B E. 2006. Indicadores del ciclo reproductivo del yamú *Brycon amazonicus*, en cautiverio. *Revista ORINOQUIA* - Universidad de los Llanos - Villavicencio, Meta. Colombia. v 10, n 2.

ARAS M, BAYIR A, SIRKECIOGLU A N, POLAT H, BAYIR M. 2008. Seasonal variations in serum lipids, lipoproteins and some haematological parameters of chub (*Leuciscus cephalus*). *Ital. J. Anim. Sci.*, v. 7, 439-448.

- BAHAMANI M, KAZEMI R, DONSKAYA P. 2001. A comparative study of some hematological features in young reared sturgeons (*Acipenser persicus* and *Huso huso*). *Fish Physiology and Biochemistry*, 24, 135–140.
- BALDISSEROTO B. 2009. Fisiologia de peixes aplicada à piscicultura. 2ed. Santa Maria, Ed. da UFSM. 352 p.: il.: 21 cm.
- BANI A, VAYGHAN A H. 2011. Temporal variations in haematological and biochemical indices of the Caspian kutum, *Rutilus frisii kutum*. *Ichthyol Res*, 58,126–133.
- BARCELLOS L J G, MARQUEZE A, TRAPP M, QUEVEDO R M, FERREIRA D. 2010. The effects of fasting on cortisol, blood glucose and liver and muscle glycogen in adult jundiá *Rhamdia quelen*. *Aquaculture*, 300, 231–236.
- BENNEMANN S T, ORSI M L, SHIBATA O A. 1996. Atividade alimentar de espécies de peixes do Rio Tibagi, relacionada com o desenvolvimento de gordura e das gônadas. *Rev.Bras.Zool.*, 13 (2), 501-512.
- BERNARDINO G, SENHORINI J A, FONTES N A, BOCK C L, MENDONÇA J O J. 1993. Propagação artificial do matrinxã, *Brycon cephalus*, (Guenther, 1869), (Teleostei, Characidae). *B. Téc. CEPTA*, Pirassununga, v.6, n.2, 1-9.
- BONISLAWSKA M, FORMICKI K, WINNICKI A. 2000. Size of eggs and duration of embryogenesis in fishes. *Acta. Icht. Piscat.*, 30 (1), 61-71.
- BROOKS S, TYLER C R, SUMPTER J P. 1997. Egg quality in fish: what makes a good egg? *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 7, 387-416.
- CAMARGO A C da S, ZAIDEN S F, URBINATI E C. 2008. Desenvolvimento gonadal de fêmeas de matrinxã, *Brycon amazonicus*, submetidas a restrição alimentar. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.38, n.4, 1105-1110.

- CAMARGO S O, POUHEY J L, MARTINS C. 2005. Parâmetros eritrocitários do jundiá (*Rhamdia quelen*) submetido à dieta com diferentes níveis de proteínas. *Ciencia Rural*, nov-dez, ano/vol 35, n 06, 1406-1411, Santa Maria.
- CAMILO, R Y. 2007. Efeitos da adição de aminoácidos essenciais livre a dieta e da ausência de nutrientes na atividade de enzimas digestivas e no metabolismo intermediário de juvenis de matrinxã (*Brycon amazonicus*). Dissertação de Mestrado, UFSCar, São Carlos. 66f.
- CARVALHO E G, URBINATI E C. 2005. Crescimento, desenvolvimento gonadal e composição muscular de matrinxãs (*Brycon cephalus*) submetidos à restrição alimentar e realimentação durante um ano. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.35, n 4, 897-902.
- CARRILO M, ZANUY S, BAYARRI M J. 2009. El control ambiental de La reproducción de los peces con especial referencia al control Del ciclo sexual, de la pubertad y de la precocidad. In: La reproducción de los peces: aspectos básicos y su aplicaciones em acuicultura. Madrid.
- CERDÁ J, CARRILLO M, ZANUY S, RAMOS J. 1994. Effect of food ration on estrogen and vitellogenin plasma levels, fecundity and larval survival in captive sea bass, *Dicentrarchus labrax*: preliminary observations. *Aquat. Living Resour.*, 7, 255-266.
- CHATZIFOTIS S, PAPADAKI M, DESPOTI S, ROUFIDOU C, ANTONOPOULOU E. 2011. Effect of starvation and re-feeding on reproductive indices, body weight, plasma metabolites and oxidative enzymes of sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquaculture*, 316, 53–59.

- COLLINS A L, ANDERSON T A. 1999. The role of food availability in regulating reproductive development in female golden perch. *Journal of Fish Biology*, 55, 94–104.
- CORNISH D A. 1998. Seasonal steroid hormone profiles in plasma and gonads of the tilapia, *Oreochromis mossambicus*. *Water AS*, v. 24, n. 3
- DAHLE R, TARANGER G L, KARLSEN O, KJESBU O S, NORBERG B. 2003. Gonadal development and associated changes in liver size and sexual steroids during the reproductive cycle of captive male and female Atlantic cod (*Gadus morhua* L.). *Comparative Biochemistry and Physiology, Part A*, 136, 641–653.
- DAVE G, JOHANSSON-SJÖBECK M-L, LARSSON A, LEWANDER K, LIDMAN U. 1975. Metabolic and hematological effects of starvation in the European eel, *Anguilla Anguilla* L. – I. Carbohydrate, lipid, protein and inorganic ion metabolism. *Comp. Biochem, Physiol.*, v. 52A, 423- 430.
- ECHEVARRÍA G, MARTÍNEZ-BEBIÁ M, ZAMORA S. 1997. Evolution of biometric indices and plasma metabolites during prolonged starvation in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*, L.). *Comp. Biochem. Physiol.* v. 118A, n. 1, 111–123.
- EL-GHARABAWY M M, FAHMY A F, ASSEM S S. 2007. Steroid hormone in serum of male *Mugil cephalus* from lake quaron in relation to ultrastructure of steroidogenic secreting tissue. *Egyptian Journal of Aquatic Research*.
- FIGUEIREDO-GARUTTI M L., NAVARRO I, CAPILLA E, SOUZA R H S, MORAES G, GUTIÉRREZ J, VICENTINI-PAULINO M L M. 2002. Metabolic changes in *Brycon cephalus* (Teleostei, Characidae) during post-feeding and fasting. *Comparative Biochemistry and Physiology* , Part A, 132, 467–476.

- GAZOLA R, BORELLA M I. 1997. Plasma testosterone and 11-ketotestosterone levels of male pacu *Piaractus mesopotamicus* (Cypriniformes, Characidae). *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 30, 1485-1487.
- GERICH J E, MEYER C, WOERLE H J, STUMVOLL M. 2001. Renal Gluconeogenesis. Its importance in human glucose homeostasis. *Diabetes Care*, 24, 382–391.
- GUIJARRO A I, LOPEZ-PATIÑO M A, PINILLOS M L, ISORNA E, DE PEDRO N, ALONSO-GÓMEZ A L, ALONSO-BEDATE M, DELGADO M J. 2003. Seasonal changes in haematology and metabolic resources in the tench. *Journal of Fish Biology*, 62, 803–815.
- GILLIS T E, BALLANTYNE J S. 1996. The effects of starvation on plasma free amino acid and glucose concentrations in lake sturgeon. *Journal of Fish Biology*, 49, 1306–1316.
- GOMES L C. URBINATI E C. 2010. Matrinxã (*Brycon amazonicus*). In: BALDISSEROTO B, GOMES L C. (org.). Espécies nativas para a piscicultura no Brasil. – 2. ed. rev. e ampl. Santa Maria: Ed. da UFSM.
- HEMRE G-I, TARANGER G L, HANSEN T. 2002. Gonadal development influences nutrient utilization in cod (*Gadus morhua*). *Aquaculture*, 214, 201–209.
- HOUSSAY B A. 1930. Acción sexual de La hipófisis em lós peces y reptiles, *Revista de La Sociedad Argentina de Biología* 6(9/10), 686-688.
- IHERING R V. 1935. Die wirkung Von Hypophyseinjektion auf den Laicharkt von Fischen. *Zool. Anz.* 111 (111/12), 273-279.

IZQUIERDO M S, FERNÁNDEZ-PALACIOS H, TACON A G J. 2001. Effect of broodstock nutrition on reproductive performance of fish. *Aquaculture*, 197, 25–42.

KAVADIAS S, CASTRITSI-CATHARIOS J, DESSYPRIS A. 2003. Annual cycles of growth rate, feeding rate, food conversion, plasma glucose and plasma lipids in a population of European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) farmed in floating marine cages. *J. Appl. Ichthyol.*, 19, 29–34.

LAIZ-CARRIÓN R, VIANA I R, CEJAS J R, RUIZ-JARABO I, JEREZ S, MARTOS J A, EDUARDO A B, MANCERA J M. 2012. Influence of food deprivation and high stocking density on energetic metabolism and stress response in red porgy, *Pagrus pagrus* L. *Aquacult Int.*, 20, 585–599.

LAZZARI R, NETO J R, CORRÊIA V, ROSSATO S, FERREIRA C C, SUTILI F J, DUARTE M M M F. 2011. Hematologia de jundiás em resposta ao nível de proteína na dieta. *Ciência Animal*. Brasileira, Goiânia, v.12, n.2, 192-197, abr./jun.

LIM C, KLESIUS P H. 2003. Influence of feed deprivation on hematology, macrophage chemotaxis, and resistance to *Edwardsiella ictaluri* challenge of channel catfish. *J. Aquat. Anim. Health.*, 15, 13–20.

LIMA-JUNIOR S E, GOITEIN R. 2006. FATOR DE CONDIÇÃO E CICLO GONADAL DE FÊMEAS DE *Pimelodus maculatus* (OSTEICHTHYES, PIMELODIDAE) NO RIO PIRACICABA (SP, BRASIL). *B. Inst. Pesca*, São Paulo, 32(1), 87-94.

MA J, ZHANG T, ZHUANG P, YAN S W, ZHANG L, TIAN M P, GAO L. J. 2011. The role of lipase in blood lipoprotein metabolism and accumulation of lipids in

oocytes of the Siberian sturgeon *Acipenser baerii* during maturation. *J. Appl. Ichthyol.*, 27 , 246–250.

MACKENZIE D S, VANPUTTE C M, LEINER K A. 1998. Nutrient regulation of endocrine function in fish. *Aquaculture*, 161, 3–25.

MARTINS JÚNIOR A F. 2011. Efeito do nível protéico e da relação energia: proteína no desempenho reprodutivo da matrinxã (*Brycon amazonicus*). *Dissertação (mestrado) – INPA, Manaus.*

MUÑOZ-CUETO J A, ALVAREZ M, BLANCO M, CANALES M L G, GARCIA-GARCIA A, SARASQUETE C. 2001. Histochemical and biochemical study of lipids during the reproductive cycle of the toadfish, *Halobatrachus didactylus* (Schneider, 1801). *Sci. Mar.*, 60 (2:3), 289-296.

NAGAHAMA Y. 1994. Endocrine regulation of gametogenesis in fish. *Int. J. Dev. Biol.*, 38, 217-229.

NASSOUR I, LÉGER C L. 1989. Deposition and mobilization of body fat during sexual maturation in female trout (*Salmo gairdneri* Richardson). *Aquat. Living. Resour.*, 2, 153-159.

NAVARRO I, GUTIÉRREZ, J. 1995. Fasting and starvation. In: HOCHACKA & MOMMSEN (eds.). *Biochemistry and molecular biology of fishes*, v. 4, Cap. 17, 396-434. Elsevier Science B.V. All rights reserved.

NAVARRO R D, RIBEIRO FILHO O P, FERREIRA W M, PEREIRA F K S. 2009. A importância das vitaminas E, C e A na reprodução de peixes: revisão de literatura. *Revista Brasileira Reprodução Animal*, Belo Horizonte, v.33, n.1, 20-25.

OCHOA A I S. 2002. Efeito da restrição alimentar no desempenho reprodutivo de machos de matrinxã *Brycon cephalus*. *Dissertação de mestrado*. Centro de Aquicultura da UNESP, Jaboticabal, São Paulo.

OLIVEIRA E G, URBINATI E C, SOUZA V L, ROVIERO D P. 1997. Índice gordura-víscerosomático e níveis de lipídio total em diferentes tecidos de pacu (*Piaractus mesotamicus*, Holmberg, 1887). *B. Inst. Pesca.*, São Paulo, 24 (n. especial), 97-103.

PARDO-CARRASCO S C, ARIAS-CASTELLANOS J A, SUÁREZ-MAHECHA H, CRUZ-CASALLAS P E, VÁSQUEZ-TORRES W, ATENCIO-GARCÍA V, ZANIBONI-FILHO E. 2006. Inducción a la maduración final y ovulación del yamú *Brycon amazonicus* con EPC y mGnRH-a. *Rev Col. Cienc. Pec.*, v.19:2.

PÉREZ-JIMENEZ A, GUEDES M J, MORALES A E, OLIVA-TELES A. 2007. Metabolic responses to short starvation and refeeding in *Dicentrarchus labrax*. Effect of dietary composition. *Aquaculture*, 265, 325–335.

PICKFORD G E. 1959. Endocrinological studies on the euryhaline killifish, *Fundulus heteroclitus* (Linn.). *Yale Journal of Biology and Medicine*, v. 31.

PIZANGO-PAIMA E G, PEREIRA-FILHO M, OLIVEIRA-PEREIRA M I. 2001. Composição corporal e alimentar do matrinxã, *Brycon cephalus* (Gunther, 1869), na Amazônia central. *Acta Amazonica* 31(3), 509-520.

POTTINGER T G, RAND-WEAVER M, SUMPTER J P. 2003. Overwinter fasting and re-feeding in rainbow trout: plasma growth hormone and cortisol levels in relation to energy mobilization. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part B*, 136, 403–417.

- POWER D M, Melo J, SANTOS C R A. 2000. The effect of food deprivation and refeeding on the liver, thyroid hormones and transthyretin in sea bream. *Journal of Fish Biology*, 56, 374–387.
- RIDELMAN J M, HARDY R W, BRANNON E L. 1984. The effect of short-term starvation on ovarian development and egg viability in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Aquaculture*, 37, 133-140.
- RIOS F S, KALININ A L, RANTIN F T. 2002. The effects of long-term food deprivation on respiration and haematology of the neotropical fish *Hoplias malabaricus*. *Journal of Fish Biology*, 61, 85–95.
- ROMAGOSA E, NARAHARA M Y, BORELLA M I, FENERICH-VERANI N. 2001. Seleção e caracterização de fêmeas de matrinxã, *Brycon cephalus*, induzidas a reprodução. *Boletim do Instituto de Pesca*, São Paulo, 27(2): 139 – 147.
- SANTOS A A, EGAMI M I, RANZANI-PAIVA M J T, JULIANO Y. 2009. Hematological parameters and phagocytic activity in fat snook (*Centropomus parallelus*): Seasonal variation, sex and gonadal maturation. *Aquaculture* 296, 359–366.
- SANTOS S L, VIANA L F, LIMA-JUNIOR S E. 2006. Fator de condição e aspectos reprodutivos de fêmeas de *Pimelodella cf. gracilis* (Osteichthyes, Siluriformes, Pimelodidae) no rio Amambai, Estado de Mato Grosso do Sul. *Acta Sci. Biol. Sci.*, v. 28, n. 2, 129-134.
- SANTOS M S. 2011. Crescimento compensatório de juvenis de matrinxã *Brycon amazonicus* (Spix & Agassiz, 1829). Dissertação de Mestrado, Aquicultura, Fundação Universidade Federal de Rio Grande.

SARGENT, J. R. 1995. Origin and Functions of Egg Lipids: Nutritional Implications. In: BROMAGE, N. R.; ROBERTS, R. J. (eds.) *Broodstock Management and Egg and Larval Quality*. Blackwell Science, Oxford, 353-372.

SATAKE F, ISHIKAWA M M, HISANO H, DE PÁDUA S B, TAVARES-DIAS M. Relação peso-comprimento, fator de condição e parâmetros hematológicos de dourado *Salminus brasiliensis* cultivado em condições experimentais. 2009. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento. Dourados, MS: Embrapa Agropecuaria Oeste, 22 p.

SIGNOR A A, BOSCOLO W R, BITTENCOURT F, FEIDEN A, MALUF M L F, DALLAGNOL J M, HIGUCHI L H. 2009. Eritrograma e nível de glicose do sangue de pacu (*Piaractus mesopotamicus*) cultivado em tanque-rede no reservatório da Itaipu Binacional submetido a restrição alimentar. 46^a Reunião anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Maringá, PR, UEM.

SILVEIRA U S, LOGATO P V R, PONTES E da C. 2009. Utilização e metabolismo de carboidratos em peixes. *Revista Eletrônica Nutritime*, v.6, n 1, art. 79, 817- 836.

SHERIDAN M A, MOMMSEN T P. 1991. Effects of nutritional state on in viva lipid and carbohydrate metabolism of coho salmon, *Oncorhynchus kisutch*. *General and Comparative Endocrinology*, 81, 473-483.

SHERIDAN M A. 1994. MINI REVIEW. Regulation of lipid metabolism in poikilothermic vertebrates. *Comp. Biochem. Physiol*, v. 107B, n. 4, 495-508.

SHOEMAKER C A, KLESIUS P H, LIM C, YILDIRIM M. 2003. Feed deprivation of channel catfish, *Ictalurus punctatus* (Rafinesque), influences organosomatic

índices, chemical composition and susceptibility to *Flavobacterium columnare*. *Journal of Fish Diseases*, 26, 553–561.

SOARES M C F, URBIANTI E C, MALHEIROS E B. 2001. Estocagem tecidual e utilização de lipídeos em matrinxã *Brycon cephalus* (Günther 1869). *Acta Amazonica*, 31 (4), 661-671.

SOUZA V L, URBINATI E C, GONÇALVES D C, SILVA P C. 2002. Composição corporal e índices biométricos do pacu, *Piaractus mesopotamicus* Holmberg, 1887 (Osteichthyes, Characidae) submetido a ciclos alternados de restrição alimentar e realimentação. *Acta Scientiarum*, v. 24, n. 2, 533-540.

SVOBODA M, KOURIL J, HAMACKOVA J, KALAB P, SAVINA L, Z. SVOBODOVA Z, VYKUSOVA B. 2001. BIOCHEMICAL PROFILE OF BLOOD PLASMA OF TENCH (*Tinca tinca* L.) DURING PRE- AND POSTSPAWNING PERIOD. *Acta Vet. Brno*, 70, 259–268.

TAKAHASHI L S, BILLER J D, CRISCUOLO-URNINATI E, URBINATI E C. Feeding strategy with alternate fasting and refeeding: effects on farmed pacu production. 2011. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 95, 259-266.

TAVARES-DIAS M, FRASCÁ-SCORVO C M D, CAMPOS-FILHO E, MORAES F R. 1999. Características hematológicas de teleósteos brasileiros. IV Parâmetros eritroleucométricos, trombométricos e glicemia do matrinxã (*Brycon cephalus* Günther, 1869) (Osteichthyes: Characidae) *Ars Veterinaria*, 15 (3),149-153.

TAVARES-DIAS M, MOARES F R. 2004. Hematologia de peixes teleósteos. Ribeirão Preto: M. Tavares-Dias, 144p. il.; 22 cm.

- TOGUYENI A, BAROILLER J-F, FOSTIER A, LEBAIL P-Y, KÜHN E R, MOL K A, FAUCONNEAU. 1996. Consequences of Food Restriction on Short-Term Growth Variation and on Plasma Circulating Hormones in *Oreochromis niloticus* in Relation to Sex. *General and Comparative Endocrinology*, 103, 167–175.
- VAZZOLER A E M. 1970. *Micropogon furnieri*: Fecundidade e tipo de desova. *Bol. Inst. Oceanogr.*, 18 (1), 27-32, São Paulo.
- VAZZOLER A E M. 1981. Manual de métodos para estudos biológicos de populações de peixes: reprodução e crescimento. Brasília, CNPq. Programa Nacional de Zoologia. 108p.
- VAZZOLER A E M. 1996. *Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática*. Maringá: EDUEM. 169 p.
- VILLACORTA-CORREA M A, SAINT-PAUL, U. 1999. STRUCTURAL INDEXES AND SEXUAL MATURITY OF TAMBAQUI *COLOSSOMA MACROPOMUM* (CUVIER, 1818) (CHARACIFORMES: CHARACIDAE) IN CENTRAL AMAZON, BRAZIL. *Rev. Brasil. Biol.*, 59 (4), 637-652.
- WALLAERT C, BABIN P J. 1994. Age-related, sex related and seasonal changes of plasma lipoprotein concentrations in trout. *J. Lipid Res.*, 35, 1619-1633.
- WASHBURN B S, FRYE D J, HUNG S S O, COME F S. 1990. Dietary effects on tissue composition, oogenesis and the reproductive performance of female rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 90, 179-195.
- WOYNAROVICH E, HORVÁTH L. 1983. A propagação artificial de peixes de águas tropicais: manual de extensão. Tradução de Vera Lucia Mixtro Chama. Brasília: FAO/ CODEVASF/CNPq. 225p.

WOOTON, R. J. 1991. *Ecology of Teleost Fishes*. London, Chapman & Hall, 404p.

YONEDA M, FUJITA M T H, TAKESHITA N, TAKESHITA K, MATSUYAMA M, MATSURA S. 2001. Reproductive cycle, fecundity, and seasonal distribution of the anglerfish *Lophius litulon* in the East China and Yellow seas. *Fish. Bull.* 99 (2), 356–370.

ZAIDEN S F. 2000. Morfologia gonadal e metabolismo energético da piraputanga *Brycon hilarii* (Cuvier e Valenciennes, 1849) (Pisces, Characidae), em cativeiro, durante o ciclo reprodutivo anual. *Tese (Doutor)* – Universidade Estadual Paulista, Centro de Aquicultura, Jaboticabal, SP. 152p.

ZAKERI M, MARAMMAZI J G, KOCHANIAN P, SAVARI A, YAVARI V, HAGHI M. 2009. Effects of protein and lipid concentrations in broodstock diets on growth, spawning performance and egg quality of yellowfin sea bream (*Acanthopagrus latus*). *Aquaculture*, 295, 99–105.

ZANARDI M F. Fontes de lipídios na reprodução e larvicultura de tilápia-do-nilo. 2011. *Tese (doutorado)*. Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Centro de Aquicultura da UNESP.

ZANIBONI-FILHO E. 1985. Biologia da reprodução do matrinxã, *Brycon cephalus* (Günther, 1869) (Teleostei: Characidae). *Dissertação de Mestrado*. Pós-graduação do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/ Fundação Universidade do Amazonas. 134 pag.

ZANIBONI-FILHO E & RESENDE E K. 1988. Anatomia de gônadas, escala de maturidade e tipo de desova do matrinxã, *Brycon cephalus* (Günther, 1869) (Teleostei: Characidae). *Rev Bras. Biol.*, 48(4), 833-844, Rio de Janeiro - RJ.

ZANIBONI-FILHO E, NUÑER A P O. 2004. Fisiologia de reprodução artificial dos peixes. Pag. 45-73. Em: Cyrino, J. E. P.; Urbinati, E. C.; Fracalossi, D. M. *Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva*. São Paulo: TEcArt, 533 p.

ZANIBONI-FILHO E, WEINGARTNER M. 2007. Técnicas de indução da reprodução de peixes migradores. *Rev Bras. Reprod. Anim.*, Belo Horizonte, v.31, n.3, 367-373.